

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

Herr Ing.

**Michael Heitzinger**

## **Planung energieeffizienter Gebäudetechnik – Beispiel an Hand eines Laborgebäudes**

Mittweida, 2013



Fakultät Maschinenbau

---

# DIPLOMARBEIT

---

Autor:

**Herr Ing. Michael Heitzinger**

Studiengang:

**Maschinenbau**

Seminargruppe:

**KM08w2GVA**

Erstprüfer:

**Prof. Dr. Jörg Mehlis**

Zweitprüfer:

**Dipl.-Ing. (FH) Ernst Schiermayr**

Einreichung:

**Mittweida, 01.02.2013**

Verteidigung/Bewertung:



# **DIPLOMA THESIS**

---

## **Planning energy efficient building technology using the example of a laboratory building**

author:

**Mr. Ing.**

**Michael Heitzinger**

course of studies:

**Maschinenbau**

seminar group:

**KM08w2GVA**

first examiner:

**Prof. Dr. Jörg Mehlis**

second examiner:

**Dipl.-Ing. (FH) Ernst Schiermayr**

submission:

**Mittweida, 01.02.2013**

defence/evaluation:



## **Bibliografische Beschreibung:**

Heitzinger, Michael:

Planung energieeffizienter Gebäudetechnik – Beispiel an Hand eines Laborgebäudes -  
2013 - 8, 69, 32 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Maschinenbau, Diplomarbeit, 2013

## **Referat:**

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Thema „Planung energieeffizienter Gebäudetechnik“. Auf Grund des immer aktueller werdenden Themas Energieeinsparung / Ressourceneffizienz von Gebäuden, ist es wichtig zu Beginn der Planungsarbeiten grundlegende Überlegungen über die Machbarkeit sowie die Wirtschaftlichkeit anzustellen. Auf Grund dessen wurde an Hand eines Laborgebäudes diese Schritte und Kriterien für die Wärmeversorgung von Beginn an analysiert und bewertet.





# Inhalt

Inhalt .....	I
Tabellenverzeichnis .....	IV
Abbildungsverzeichnis .....	V
Abkürzungsverzeichnis .....	VII
0 Übersicht.....	1
0.1 Motivation .....	1
0.2 Zielsetzung .....	1
0.3 Kapitelübersicht .....	2
1 Objektbeschreibung.....	3
1.1 Projektbeschreibung Allgemein .....	4
1.2 Gebäudeübersicht Labor .....	6
2 Grundlagen .....	7
3 Prinzip der Wärmepumpe .....	9
3.1 Allgemeines .....	9
3.2 Geschichtliche Entwicklung .....	10
3.3 Kältemittel .....	12
3.3.1 Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW) .....	13
3.3.2 Teilhalogenierte Fluor-Kohlenwasserstoffe (HFKW).....	13
3.3.3 Natürliche Kältemittel.....	14
3.4 Wärmepumpenprozesse.....	16
3.4.1 Thermodynamischen Grundlagen.....	17
3.4.2 Kaltdampfprozess .....	17

3.4.3	Vergleichsprozess der Kompressions-Wärmepumpe .....	18
3.4.4	Realer Wärmepumpenprozess .....	19
3.4.5	Lorenz-Prozess .....	20
3.4.6	Lorentzen-Prozess (transkritische Wärmepumpe).....	20
3.4.7	Thermodynamische Gegenüberstellung subkritisch - transkritisch .....	23
4	Datenerfassung - Laborgebäude .....	26
4.1	Leistung zur Gebäudebeheizung .....	26
4.2	Leistung zur Warmwasserbereitung.....	27
4.3	Leistung der Zirkulationsverluste .....	27
4.4	Leistung zur Lufterwärmung (Lüftungsgeräte) .....	28
4.4.1	Lüftungskonzept.....	28
4.5	Leistung zur Luftbefeuchtung.....	30
4.6	Laborgebäude – Überblick der Leistungen .....	30
5	Ermittlung des Energieverbrauchs .....	31
5.1	Wärmemenge für Gebäudeheizung: .....	31
5.2	Wärmemenge für Wassererwärmung: .....	31
5.3	Wärmeverluste der Zirkulationsleitung:.....	31
5.4	Wärmeleistung für Lufterwärmung: .....	32
5.5	Wärmeleistung für Luftbefeuchtung über Reindampf:.....	33
5.6	Energiebilanz gesamt.....	36
5.7	Energiebilanz Niedertemperatur .....	37
5.8	Energiebilanz Hochtemperatur.....	38
5.9	Jahresenergieverlauf:.....	39
5.9.1	Gesamtwärmeverbrauch monatsweise .....	39
5.9.2	Mittlere Gesamtleistung monatsweise .....	39

5.9.3	Gesamtwärmeverbrauch / Gesamtheizleistung .....	40
5.9.4	Jahresgang der Energieverbräuche.....	41
6	Betriebskosten Wärmeerzeugung.....	42
6.1	Variante 1: NT- Wärmepumpe + Fernwärme + Heißwasser.....	42
6.2	Variante 2 – HT-Wärmepumpe + Heißwasser .....	43
6.3	Variante 3 – Fernwärme + Heißwasser .....	44
6.4	Vergleich jährlicher Betriebskosten.....	46
7	Wirtschaftlichkeit .....	47
8	CO2 Emissionen .....	52
9	Zusammenfassung .....	53
Literatur	.....	54
Anlagen	.....	56
Anlagen, Teil 1	.....	A
Anlagen, Teil 2	.....	B
Anlagen, Teil 3	.....	C
Anlagen, Teil 4	.....	D
Anlagen, Teil 5	.....	E
Selbstständigkeitserklärung	.....	F



# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ursprüngliche Kältemittel.....	12
Tabelle 2: Leistungsüberblick.....	30
Tabelle 3: Jährliche Lüftungsgradstunden $G_L$ in Kh/a .....	32
Tabelle 4 + Abbildung 14: Jahresverlauf – Feuchte und Temperatur .....	34
Tabelle 5: Mittlere Gesamtwärmeleistung monatsweise .....	39
Tabelle 6: Gesamtwärmeverbrauch monatsweise .....	39
Tabelle 7: Jahresverbrauch – monatliche Heizenergie sowie Heizleistung .....	40
Tabelle 8: Auszug jährliche Kosten Wärmebereitstellung .....	50



# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan Salzburger Landeskliniken (rot markiert: erster Bauabschnitt)...	5
Abbildung 2: Simulation des neuen AKS – Laborgebäudes .....	5
Abbildung 3: Übersicht der einzelnen Geschosse .....	6
Abbildung 4: Prinzip einer Kompressionswärmepumpe.....	9
Abbildung 5: Auflistung Alternativ - Kältemittel .....	14
Abbildung 6: Bestandteile einer Wärmepumpe.....	16
Abbildung 7: Wärme-Pump-Verfahren zwischen zwei Temperaturen ( $T$ , $T_o$ ).....	17
Abbildung 8: Perkins-Evans-Prozess im T-s und im log p-h Diagramm .....	18
Abbildung 9: Realer Wärmepumpenprozess im T-s und im log p-h Diagramm .....	19
Abbildung 10: Vergleich Carnot Prozess / Lorenz Prozess .....	20
Abbildung 11: Wärmepumpenprozess im T-s Diagramm .....	21
Abbildung 12: Transkritischer Wärmepumpenprozess im T-s und im log p-h Diagramm .....	23
Abbildung 13: Vergleich Prozessführung mit fluorierten Kohlenwasserstoffen (HFCs, unterkritisch) und Kohlendioxid als Arbeitsstoff (transkritisch).....	24
Tabelle 4 + Abbildung 14: Jahresverlauf – Feuchtemonatsmittelwert und .....	34
Abbildung 15: Mollier-Diagramm (Feuchtemonatsmittelwert und .....	34
Abbildung 16: Energiebilanz gesamter Wärmeversorgung inkl. Dampf- und.....	36
Abbildung 17: Energiebilanz Wärmeversorgung Niedertemperatur.....	37
Abbildung 18: Energiebilanz Wärmeversorgung Hochtemperatur .....	38
Abbildung 19: Jahresverlauf des Energieverbrauchs.....	41

Abbildung 20: Jährliche Betriebskosten je Variante .....	46
Abbildung 21: Lebenszykluskosten .....	51
Abbildung 22: CO <sub>2</sub> Emissionen (Betrachtungszeitraum 20 Jahre).....	52



# Abkürzungsverzeichnis

<b>a</b>	Jahr
<b><math>a_{n,i}</math></b>	Annuität
<b><math>ANF_{n,i}</math></b>	Annuitätenfaktor
<b>AKS</b>	Allgemeines Krankenhaus Salzburg
<b>BS</b>	Betriebsstunden
<b><math>C_0</math></b>	Kapitalwert
<b><math>CO_2</math></b>	Kohlenstoffdioxid
<b>COP</b>	Coefficient of Performance
<b>d</b>	Tag
<b>FBH</b>	Fußbodenheizung
<b>g</b>	Gramm
<b>GmbH</b>	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
<b>h</b>	Stunden
<b>H</b>	Enthalpie
<b>HK</b>	Heizkörper
<b><math>H_2O</math></b>	Wasser
<b>HFKW</b>	teilhalogenierte Fluor-Kohlenwasserstoffe
<b>i</b>	Zinssatz
<b>J</b>	Joule
<b>K</b>	Kelvin

<b>kg</b>	Kilogramm
<b>k<sub>FW</sub></b>	Energie - Kosten Fernwärme
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>kWh</b>	Kilowattstunden
<b>kJ</b>	Kilojoule
<b>l</b>	Liter
<b>log</b>	Logarithmus
<b>m</b>	Meter
<b>m<sup>2</sup></b>	Quadratmeter
<b>m<sup>3</sup></b>	Kubikmeter
<b>MW</b>	Mittelwert
<b>MWh<sub>el</sub></b>	Megawattstunden elektrisch
<b>MWh<sub>th</sub></b>	Megawattstunden thermisch
<b>n</b>	Nutzungsdauer
<b>OP</b>	Operationssaal
<b>ÖNORM</b>	Österreichische Norm
<b>p</b>	Druck
<b>P<sub>tot</sub></b>	Gesamt-Gebäudeheizlast
<b>P<sub>el</sub></b>	elektrische Antriebsleistung
<b><math>\dot{Q}</math></b>	Wärmeleistung
<b>Q</b>	Wärmemenge
<b>q<sub>w,k</sub></b>	Wärmeverlust der Warmwasserleitung im Keller
<b>q<sub>w,s</sub></b>	Wärmeverlust der Warmwasserleitung im Schacht

<b>r.F.</b>	relative Feuchte
<b>R134a</b>	Tetrafluorethan
<b>R744</b>	Kohlenstoffdioxid
<b>Rel<sub>7</sub></b>	Relative Feuchte um 7:00 Uhr
<b>Rel<sub>14</sub></b>	Relative Feuchte um 14:00 Uhr
<b>Re<sub>MW</sub></b>	Relative Feuchte Mittelwert
<b>S</b>	Entropie
<b>SALK</b>	Salzburger Landeskliniken
<b>T</b>	Temperatur
<b>t<sub>M</sub></b>	Mittlere Tagestemperatur
<b>VBS</b>	Vollbetriebsstunden
<b>VDI</b>	Verein Deutscher Ingenieure
<b>VBS</b>	Vollbetriebsstunden
<b>WRG</b>	Wärmerückgewinnung
<b>x</b>	Feuchtigkeitsgehalt
<b>ZAMG</b>	Zentral Anstalt für Meteorologie
<b>ZTG</b>	Ziviltechnikergesellschaft
<b>%</b>	Prozent
<b>°C</b>	Grad Celsius
<b>€</b>	Euro



# 0 Übersicht

Im einleitenden Kapitel werden die Motivation und die Aufgabenstellung dieser Diplomarbeit erläutert. Gleichzeitig erfolgt ein kurzer Überblick zu den einzelnen Kapiteln dieser Arbeit.

## 0.1 Motivation

Auf Grund des immer aktueller werdenden Themas Energieeinsparung / Ressourceneffizienz von Gebäuden, in welchen besonderer Augenmerk auf die Bereiche Energie, Wasser und Materialien gelegt wird, ist der Begriff Nachhaltigkeit entstanden. In diesem Begriff sollen die schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen und Umwelt reduziert, sowie eine maximale Energieeinsparung in Hinsicht auf die Primärenergie, erzielt werden. Auf Grund der oben angeführten Einflüsse muss bei der Planung und der Sanierung auf nachhaltiges Planen und Bauen Augenmerk gelegt werden. Sämtliche Maßnahmen müssen in den Lebenszyklen wie Betrieb, Wartung sowie Demontage sämtlicher Bereiche berücksichtigt werden.

## 0.2 Zielsetzung

Ziel der Diplomarbeit ist es, für das im Kapitel 1 beschriebene Laborgebäude ein energieeffizientes Heizungskonzept zu erarbeiten. Auf Grund der aktuellen Entwicklung von Wärmepumpen, lassen sich die Aspekte Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz immer besser vereinen. Daher wird in der vorliegenden Diplomarbeit das Thema „Wärmepumpe“ analysiert und auch rechnerisch belegt. Hierfür werden zu Beginn der Diplomarbeit die für die Planung erforderlichen Daten als Berechnungsbasis erfasst. Auf Basis dieser Daten wurde ein Jahresenergieverbrauch ermittelt, mit welchen die verschiedenen Einzelverbräuche wie Transmission, Heizenergie für Lüftungsgeräte sowie Warmwasserbereitung aufgezeigt werden. Hinsichtlich der Umweltfreundlichkeit von Wärmepumpen, wird ein CO<sub>2</sub> – Vergleich zwischen einer Kombination von Fernwärme und zwei Niedertemperaturwärmepumpen, sowie zweier Hochtemperaturwärmepumpen erarbeitet. Im Kapitel Wirtschaftlichkeit, werden die beschriebenen Wärmeerzeugungsanlagen hinsichtlich Investitionskosten, sowie laufenden Betriebskosten betrachtet. Daraus resultierend folgt eine Lebenszyklusrechnung nach VDI 2067, welche schlussendlich als Entscheidungshilfe dienen soll.

Im Wesentlichen sind folgende Kriterien als Berechnungsgrundlage erforderlich:

- Beheizung des Gebäudes lt. ÖNORM EN 12831 „Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast“
- Be- und Entlüftung des Laborbereichs und der Prosektur nach ÖNORM H 6020 „Lüftungstechnische Anlagen für medizinisch genutzte Räume“ bzw. DIN 1946 „Raumluftechnik – Gesundheitstechnische Anforderungen“
- Warmwasserbereitung nach ÖNORM B 5019 „Hygienerelevante Planung, Ausführung, Betrieb, Überwachung und Sanierung von zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlagen“

### 0.3 Kapitelübersicht

Die Diplomarbeit besteht aus neun Kapiteln.

Nach der allgemeinen Einleitung im **Kapitel 0** wird im **Kapitel 1** die Geschichte der Salzburger Landeskliniken beschrieben und das geplante Projekt erläutert.

Im **Kapitel 2** wird der Zusammenhang zwischen dem bauphysikalischen Anforderungen sowie den technischen Grundlagen beschrieben.

Auf Grund der Überlegungen dass die Beheizung mittels einer Wärmepumpe erfolgen soll, wird im **Kapitel 3** das Prinzip der Wärmepumpe behandelt. Fazit dieses Kapitels ist der grundsätzliche Vergleich der sub- und transkritischen Wärmepumpe.

**Kapitel 4 und 5** befassen sich mit den allgemeinen haustechnischen Anforderungen sowie der rechnerischen Ermittlung der Energieverbräuche welche für die Beheizung des Gebäudes erforderlich sind.

Des Weiteren werden im **Kapitel 6** die Betriebskosten diverser Heizungsversorgungsvarianten berechnet, welche für die Wirtschaftlichkeitsberechnung im **Kapitel 7** benötigt werden.

Ein wesentlicher Faktor für einen ökologischen Betrieb sind die CO<sub>2</sub> Emissionen welche durch die Energieerzeugung entstehen. Um dies zu bewerten, wurden im **Kapitel 8** diese Emissionen ermittelt.

Schließlich werden im **Kapitel 9** die Resultate der einzelnen Kapitel der Diplomarbeit noch einmal zusammengefasst. Hier werden auch die Leistungen des Diplomanden aus seiner Sicht skizziert.

# 1 Objektbeschreibung

Die von Erzbischof Johannes Ernest Graf von Thun im Jahre 1695 gegründeten Salzburger Landeskliniken, kurz SALK genannt, haben sich im Lauf der Jahrhunderte konsequent weiterentwickelt. Sie sind heute nicht nur im Bundesland Salzburg sondern auch international, zu einer bedeutenden medizinischen Institution geworden. Besonders durch die 1898 angeschlossene Christian-Doppler Klinik (Salzburger Heilanstalt für Gemüts- und Nervenkrankte) konnte der gesamte medizinische Bereich abgedeckt werden. Das bedeutete aber auch ständige bauliche Veränderungen.

Über all den Jahren wurden beide Krankenhäuser laufend erweitert und baulich verändert. Die bestehende Pavillonstruktur der beiden Häuser entspricht nicht mehr der modernen medizinischen Anforderung. Der Zustand der einzelnen Punkte ist hinsichtlich der punktuellen Investitionen sehr unterschiedlich. Auf Grund der teilweisen sanierungsbedürftigen Gebäudezustände wären umfangreiche Investitionen notwendig, um alle Gebäude auf den modernen Stand der Technik und Medizin zu bringen.

Folgende Ausgangssituation veranlasste die SALK zur dringend nötigen, zahlreichen Investitionen:

1. Bisher keine langfristige Planung, Investitionen nach akuten Erfordernissen <sup>1</sup>
2. Probleme wurden isoliert gelöst <sup>1</sup>
3. Dezentrale Strukturen mit hohen Betriebskosten und langen, unübersichtlichen Wegen für die Patienten und Klinikpersonal: <sup>1</sup>
  - 14 OP-Bereiche
  - 12 Intensivbereiche
  - Dezentrale Laboratorien
  - 81 nicht gemischt belegbare Stationen
  - Sehr unterschiedlicher Standard
  - Unterschiedliche Stationsgrößen
  - Isolierte Ambulanzbereiche
  - Dezentrale Notfallversorgung

---

<sup>1</sup> Salzburger Landeskliniken: Masterplan SALK 2020. URL: <http://www.salk.at/5551.html>, verfügbar am 22.12.2012

Ziele des Masterplans der Salzburger Landeskliniken:

- PatientInnenorientierung durch kurze, übersichtliche Wegeführung und attraktive räumliche Bedingungen<sup>1</sup>
- Optimierung der Arbeitsbedingungen für die MitarbeiterInnen durch Beseitigung von Defiziten im funktionalen und baulichen Bereich und Standardisierung auf zeitgemäßem Niveau<sup>2</sup>
- Interdisziplinarität im Rahmen von medizinischen Schwerpunkten in allen Funktionsbereichen (Station, OP, Ambulanz usw.)<sup>2</sup>
- Konsolidierung der dislozierten Bereiche (OPs, Ambulanzen, Intensiv, Labors usw.) und Schaffung wirtschaftlicher Größen<sup>2</sup>

Die aktuellen Projekte des Masterplans 2020 sind das Kinderzentrum, die Chirurgie West (2. Bauetappe) sowie das „AKS Laborgebäude – Parken“. Für das letztgenannte wurde das Architekturbüro Atelier Thomas Pucher ZTG für die Generalplanerleistungen beauftragt. Für die HKLS Planungsleistungen wurde mein Arbeitgeber „Dick + Harner GmbH“ beauftragt.

Die Zielsetzung für die Haustechnik zu Beginn der Planungen war ein energieeffizientes Heizungskonzept zu erstellen. Dieses Ziel bzw. diese Aufgabenstellung wird in der vorliegenden Diplomarbeit behandelt.

## 1.1 Projektbeschreibung Allgemein

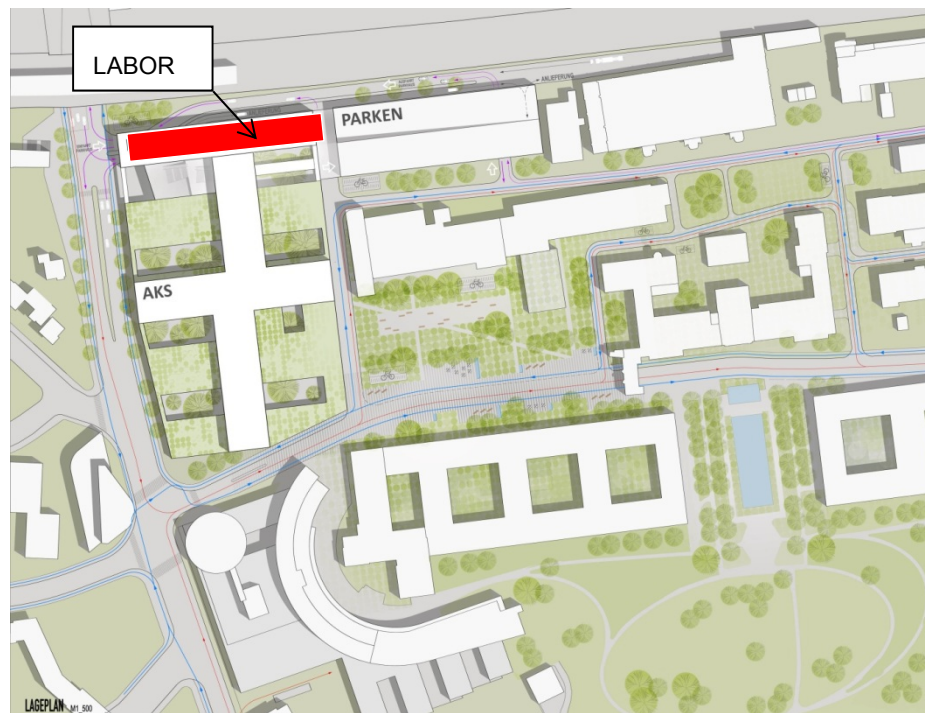
Im Rahmen des ersten Bauabschnittes werden das Laborgebäude sowie ein Parkhaus auf dem Areal der Salzburger Landeskliniken gebaut.

Im sogenannten Laborgebäude sollen sämtliche Laborleistungen in einem zentralen Gebäude untergebracht werden, um somit die derzeitige dezentrale Struktur einzelner Gebäude zu beseitigen. Somit werden vier Institutionen in einem Gebäude Platz finden und die auf Grund gesetzlicher Anforderungen und die damit in Verbindung stehenden Synergien erzielen. Im Zuge des Neubaus werden viele Sanierungs- und adaptierungsarbeiten in den zahlreichen Bestandsgebäuden vermieden.

---

<sup>2</sup> Salzburger Landeskliniken: Masterplan SALK 2020. URL: <http://www.salk.at/5551.html>, verfügbar am 22.12.2012





**Abbildung 1: Lageplan Salzburger Landeskliniken (rot markiert: erster Bauabschnitt)<sup>3</sup>**



**Abbildung 2: Simulation des neuen AKS – Laborgebäudes<sup>4</sup>**

<sup>3</sup> Architekt Thomas Puchner: LKH Salzburg. URL: <http://www.thomaspuchner.com/cms/index.php?idcat=127> , verfügbar am 30.01.2012

<sup>4</sup> Architekt Thomas Puchner: LKH Salzburg. URL: <http://www.thomaspuchner.com/cms/index.php?idcat=127> , verfügbar am 30.01.2012

## 1.2 Gebäudeübersicht Labor

Das Laborgebäude ist in folgende Bereiche aufgliedert:

- 3.Untergeschoss: Kollektorgang
- 2.Untergeschoss: Technik- und Lagerräume sowie Rettungsgarage
- 1.Untergeschoss: Transfusionsmedizin
- Erdgeschoss: Zentrallabor
- 1.Obergeschoss: Zentrallabor
- 2.Obergeschoss: Pathologie
- 3.Obergeschoss: Mikrobiologie
- 4.Obergeschoss: Forschungsbereich
- 5.Obergeschoss: Technikebene

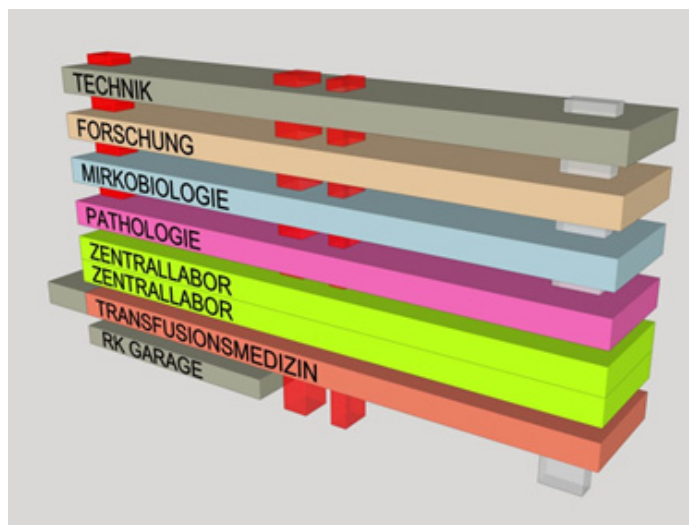


Abbildung 3: Übersicht der einzelnen Geschosse

## 2 Grundlagen<sup>5</sup>

Hinsichtlich der globalen Lage Europas ist die Wärmeversorgung einer der zentralen Punkte wenn es sich um das Thema Energie handelt. In erster Linie müssen bauliche Maßnahmen getroffen werden, um mit minimalem Energiebedarf einen höchstmöglichen Komfort zu schaffen. Diese Ziele werden mit klimaoptimierter Konzeption von Baustoffen, Gebäudehülle und Materialwahl erreicht. Eine Wärmezufuhr ist gerade in unseren Breitegraden von großer Bedeutung. Die dafür eingesetzten Energiequellen beeinflussen wesentlich den Komfort des Gebäudes, aber auch die Umwelteinwirkungen. Um dies zu erreichen, ist eine genaue Analyse der klimatischen Gegebenheiten, sowie eine Nutzeranalyse Voraussetzung.

Vorrangig ist es, im Winter die Wärme möglichst lang im Gebäudeinneren zu speichern. Bei Verlustfaktoren wird zwischen Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten unterschieden. Positiv hingegen wirken sich interne Wärmequellen (Abwärme durch Personen, Beleuchtung und elektrische Geräte) sowie passive Nutzung der Sonne durch die Gebäudeoberfläche (passive Nutzung der Solarstrahlung) aus.

Ziel sollte sein, die beiden Bilanzen von Verlusten und Gewinnen möglichst ausgeglichen zu halten. Die Differenz der beiden Aspekte bestimmt den erforderlichen Heizenergiebedarf.

Da die inneren Lasten wesentlich vom Nutzen abhängig sind, muss das Hauptaugenmerk auf eine Minimierung der Verlusten und einer Maximierung der Solargewinne gelegt werden.

Folgende Kriterien zwischen Bauplanung und Gebäudetechnik sind somit bestmöglich auf einander abzustimmen:

- Flächenoptimierung und Hüllengeometrie
- Wärmedämmung aller Bauteile
- Passive Nutzung der Solarstrahlung
- Minimierung der Lüftungsverluste

Auf Grund der hohen inneren Lasten muss das Gebäude nicht nur beheizt, sondern auch gekühlt werden. Um dafür nicht zwei voneinander unabhängige Systeme zu installieren, ist der Einbau einer reversiblen Wärmepumpe sinnvoll, um sowohl eine Be-

---

<sup>5</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Lenz, Bernhard; Schreiber, Jürgen; Stark, Thomas : Nachhaltige Gebäudetechnik – 1. Auflage Kösel GmbH & Co. KG, Altusried – Krugzell, 2010

heizung im Winter als auch eine Kühlung im Sommer zu ermöglichen. Als Wärmequelle hierfür dient das Erdreich.

Auf Grund der ungünstigen Bodenbeschaffenheit müssen Betonpfähle als Fundamentgrundlage hergestellt werden. In dieser Statikkonstruktion werden Rohrleitungen eingebaut, welche als geschlossenes System arbeiten werden und somit die Wärmequelle für die Wärmepumpe darstellen.

Der betonierte Pfahl wird daher thermisch aktiviert, wobei eine Wärmeabgabe an das Erdreich im Sommer und eine Wärmeaufnahme im Winter erfolgt. Dieses System ist in Verbindung mit Wärmepumpen empfehlenswert.

Da Wärmepumpen eine wirtschaftlich sinnvolle Lösung zur Beheizung von Gebäuden darstellen, wird im nächsten Kapitel näher auf das Prinzip, sowie sämtliche Grundlagen des Wärmepumpenprozesses eingegangen.

Um das Laborgebäude mit ausreichender Energie versorgen zu können, werden Vorlauftemperaturen von maximal 75 °C benötigt. Herkömmliche Wärmepumpenanlagen erzielen jedoch maximale Temperaturen von rund 60 °C – diese Kreisprozesse werden als subkritisch bezeichnet. Wärmepumpen mit dem Arbeitsstoff CO<sub>2</sub> können Vorlauftemperaturen von rund 90 °C erzielen – dies wird als transkritischer Prozess bezeichnet. Der technische Vergleich von subkritischen und transkritischen Kreisprozessen wird im Kapitel 3 näher erläutert.

## 3 Prinzip der Wärmepumpe

### 3.1 Allgemeines

Wärmepumpen sind Aggregate, mit denen der natürliche Wärmefluss von einem höheren zu einem tieferen Temperaturniveau durch Zufuhr von Arbeit umgekehrt wird. Nützt man die auf dem tieferen Temperaturniveau entnommene und auf ein höheres Temperaturniveau gebrachte Energie für Heizzwecke, so bezeichnet man dies als eine Wärmepumpe.<sup>6</sup>

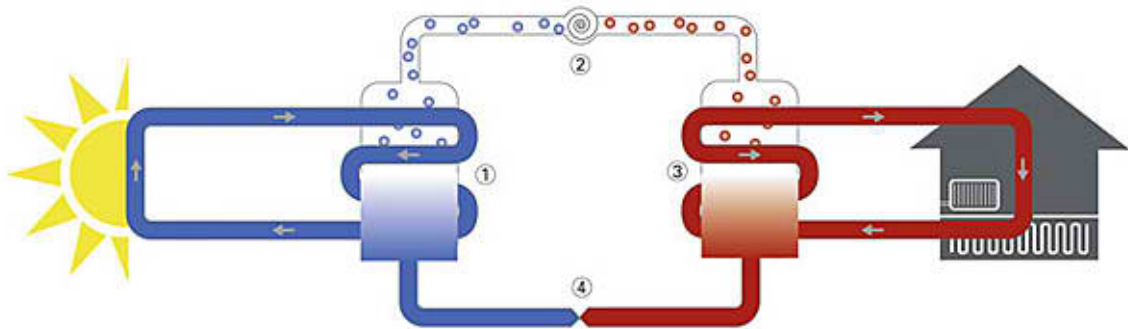


Abbildung 4: Prinzip einer Kompressionswärmepumpe<sup>7</sup>

Die Wärme indirekt gespeicherter Sonnenenergie aus Luft, Wasser und Erdreich, aber auch Prozesswärme aus Abwasser und Abluft, kann im Prozess aufgenommen werden.

Die einfachste Art, Sonnenenergie zu nutzen, passiert mittels Wärmequelle „Luft“. Luft besitzt jedoch die geringste Energiedichte. Grundwasser als Wärmequelle bietet das ganze Jahr gleichmäßige Temperaturen, was für die Leistungszahl der Wärmepumpe von Vorteil ist. Dies erfordert jedoch höhere Investitionskosten. Bei Nutzung der Erdwärme mittels Bohrpfählen oder Erdsonden sind die Bodenbeschaffenheit, sowie die Feuchtigkeit des Erdreichs ein wesentlicher Einflussfaktor. Natürlich müssen spezielle

<sup>6</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Recknagel, Hermann ; Ginsberg, Otto ; Gehrenbeck, Kurt ; Sprenger, Eberhard ; Hönnmann, Winfried ; Schramek, Ernst – Rudolf: Taschenbuch für Heizung + Klima Technik – 70. Auflage R. Ouldenbourg Verlag

<sup>7</sup> Ochsner Wärmepumpen, URL: <http://www.ochsner.de/die-waermepumpe/funktionsweise/> ; verfügbar am 22.12.2012

Frostschutzmaßnahmen für diesen Wasserkreislauf berücksichtigt werden. Dies geschieht mittels einem Glykol-Wassergemisch welches als Wärmeträgermedium genutzt wird.

Diese Technologie wurde bereits bis Ende der 70iger Jahren primär als Kältemaschine eingesetzt. Unter anderem zur Lebensmittelkonservierung, sowie zur Kühlung von Gebäuden.

Die Energiesparbemühungen in dieser Zeit haben dazu geführt, dass vor allem in Japan und in den USA Millionen Klimageräte und Klimaanlage mit Wärmepumpenanlagen ausgerüstet wurden und somit beide Betriebsarten, also Heizen und Kühlen, erfüllt werden konnten. In unseren Breitegraden, wo zumindest die Kühlung bzw. Klimatisierung von Gebäuden nicht erforderlich ist bzw. sein sollte, hat man die „reine“ Heizungswärmepumpe entwickelt und mit wechselndem Erfolg zu vermarkten versucht.

## 3.2 Geschichtliche Entwicklung

Die Geschichte des Wärme- und Kälteanlagenbaus, aber auch die Geschichte der Energietechnik, geht weit in das vorherige Jahrhundert zurück. Im Jahr 1765 hat der Engländer James Watt die Niederdruck-Dampfmaschine erfunden. Die weiterentwickelte, doppeltwirkende Maschine, deren Kraft in eine Drehbewegung umgesetzt wurde, hat das industrielle Zeitalter begründet. Diese Dampfmaschine bekam Konkurrenz von den Brüdern Stirling, die 1816 ihren ersten Heißluftmotor entwickelten, der zur damaligen Zeit ohne den eher unsicheren und gefährlichen Dampfkessel auskam. Weitere Heißluftmotoren, wie der von Ericsson aus dem Jahr 1833, wurden entwickelt. Erst durch den 1876 von Nikolaus Otto entwickelten Ottomotor und den 1893 von Rudolf Diesel gebauten Dieselmotor, welcher von Daimler, Maybach und Benz weiterentwickelt wurde, ergab sich eine neue Wende.<sup>8</sup>

Im Jahr 1824 beschrieb der Franzose Sadi Carnot die Grundlage seiner Theorie. In seiner Arbeit versuchte er den Wirkungsgrad von Dampfmaschinen zu verbessern und erkannte dabei, dass der Wirkungsgrad sowohl vom Temperaturniveau des Prozesses als auch von der nutzbaren Temperaturdifferenz abhängig ist. Das Höchstmaß an mechanischer Arbeit kann dann gewonnen werden, wenn alle Zustandsänderungen umkehrbar (auch reversibel genannt) verlaufen und die vorhandene Temperaturdifferenz nicht von Irreversibilitäten entwertet wird. Der aus dieser Erkenntnis resultierende ideale Kraftprozess, der sogenannte „rechtsdrehende Carnotprozess“, stellt die Grundlage

---

<sup>8</sup> Zogg, Martin; Geschichte der Wärmepumpe; Zogg, Martin: Geschichte der Wärmepumpe - Schweizer Beiträge und internationale Meilensteine, Oberburg, Zogg - Verfahrens- und Energietechnik, 2009.

für die Erzeugung mechanischer Energie mit Hilfe von thermischen Prozessen dar, er ist gleichzeitig auch die Basis für die Feststellung der erreichten Effizienz.

Darüber hinaus kam Carnot zu der Erkenntnis, dass dieser Prozess umkehrbar sein muss, dass also mit Hilfe von Kraft Wärme von einem niedrigeren auf ein höheres Temperaturniveau angehoben werden kann, bzw. dass der natürliche Wärmefluss von einem höheren auf ein tieferes Temperaturniveau durch die Zufuhr von hochwertiger Energie umgekehrt werden kann. Dieser Gedanke bildete die Grundlage für den nun „linksdrehenden Carnotprozess“ und damit für die Kältemaschine, aber auch für die Wärmepumpe. Carnot hat damit bereits den ersten und zweiten Hauptsatz der Thermodynamik vorweggenommen, die erst 1842 vom Arzt Robert Mayer und 1850 von Clausius formuliert wurde.<sup>9</sup>

1855 baute der Österreicher Ritter von Rittinger auf Basis der Arbeiten von Carnot in der Saline Ebensee die erste Wärmepumpe, eine industrielle Brüdenverdichtungsanlage. Der Grund dafür war Energiemangel, da sämtliche Wälder um die Saline abgeholzt worden waren und auch die Eisenbahn für die Kohleversorgung noch nicht fertig gestellt war. Der Verdichter der Anlage wurde durch ein Wasserrad angetrieben. Der aus der Sole ausgedampfte Wasserdampf wurde verdichtet, dadurch auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und konnte so wiederum für die Eindampfung und Vorwärmung der Sole verwendet werden.<sup>9</sup>

Die Absorptionskältemaschine wurde 1860 von Carré erfunden, er hat den mechanischen Verdichter durch den sogenannten thermischen Verdichter ersetzt. Als Stoffpaar wurden Ammoniak als Kältemittel und Wasser als Lösungsmittel verwendet. 1867 hat die Firma Linde Ammoniak als Kältemittel für Kaltdampf-Kältemaschinen eingeführt, so dass auf die Verwendung hochexplosiver Stoffe zur Kälteerzeugung verzichtet werden konnte.<sup>9</sup>

Linde entwickelte die Verdichter – Kältemaschine weiter, er war der Erste, der beim Bau von Kälteanlagen wissenschaftliche Erkenntnisse angewendet hat. Bereits 1885 baute er die Luftverflüssigungsmaschine. 1922 wurde in Deutschland der erste Turboverdichter als Kältemittelverdichter eingesetzt.<sup>9</sup>

Parallel zur Kältemaschine erfolgte die Entwicklung des Kaltwassersatzes, mit dem Kreislaufwasser auf 5° bis 10°C abgekühlt und für Klimatisierungszwecke in Gebäuden verwendet werden konnte. Die Klimatisierung von Gebäuden hat dazu geführt, dass Regionen bewohnbar gemacht werden konnten, die heute wichtige Industrie- und Handelszentren darstellen. Wenn man sich heute die Entwicklungsländer, die in den heißen Zonen dieser Erde liegen, näher betrachtet, kann man davon ausgehen, dass sich diese Entwicklung wiederholen wird bzw. dass diese teilweise schon stattgefunden hat.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Zogg, Martin; Geschichte der Wärmepumpe; Zogg, Martin: Geschichte der Wärmepumpe - Schweizer Beiträge und internationale Meilensteine, Oberburg, Zogg - Verfahrens- und Energietechnik, 2009.

### 3.3 Kältemittel

Die ursprünglich als Kältemittel verwendeten Substanzen waren Ethylether, Methylether, Schwefeldioxid, Ammoniak, Methylchlorid, Isobutan, Kohlendioxid und Propan.

Ethylether	$C_4H_{10}O$	1834	Perkins
Luft		1844	Gorrie
Wasser	$H_2O$	1855	Rittinger
Methylether	$C_2H_6O$	1864	Tellier
Ammoniak	$NH_3$	1867	Carre, Linde
Schwefeldioxid	$SO_2$	1874	Pictet
Kohlendioxid	$CO_2$	1881	Linde
Methylchlorid	$CH_3Cl$	1878	Vincent
Ethylchlorid	$C_2H_5Cl$	1970	Köhler
Distickstoffoxyd	$N_2O$	1912	Linde
Ethan	$C_2H_6$	1921	Linde
Propan	$C_3H_8$	1979	Thevenot

**Tabelle 1: Ursprüngliche Kältemittel<sup>10</sup>**

In den 1930er Jahren versuchte man, die vorhandenen brennbaren und/oder toxischen Kältemittel durch „Sicherheitskältemittel“, unbrennbare und ungiftige Substanzen, zu ersetzen. Midgley und Henley von der Firma Frigidaire kamen zu dem Schluss, dass kein Reinstoff, bestehend aus nur einem Element, die gestellten Forderungen nach Ungiftigkeit und Unbrennbarkeit erfüllen kann. Bei ihrer Suche nach neuen Stoffen setzten sie das Periodensystem der Elemente ein, in das sie zunächst die bis dahin verwendeten Substanzen eintrugen. Sie stellten fest, dass nur acht Elemente für die Erstellung dieser Kältemittel verwendet wurden.

---

<sup>10</sup> Zogg, Martin; Geschichte der Wärmepumpe; Zogg, Martin: Geschichte der Wärmepumpe - Schweizer Beiträge und internationale Meilensteine, Oberburg, Zogg - Verfahrens- und Energietechnik, 2009.



### 3.3.1 Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW)

Ergebnis der Suche nach Sicherheitskältemittel waren die FCKW, Fluor-, Chlor- und Bromderivate des Methans und Ethans. 1930 kam F-12 auf dem Markt, bis 1936 wurden R-11, R-114, R-113 und R-22 eingeführt. Schon bald wurden diese Stoffe auch in anderen Bereichen, wie als Treibgas von Sprays sowie als Schäumungs- und Reinigungsmittel, eingesetzt. Durch die FCKW wurde der Bau von vollhermetischen Systemen möglich. Durch sie kam es zur weltweiten Verbreitung der Kühl- und Gefriergeräte, der Klimageräte und Klimaanlage und der Wärmepumpen.

Mit Ausnahme von Ammoniak und Wasser, welche weiterhin in der gewerblichen Großkälte verwendet werden, sind die alten Kältemittel völlig verdrängt worden.

Heute wissen wir, dass FCKW Fremdkörper in unserer Biosphäre vorhanden sind, welche zwar hervorragende Eigenschaften als Kältemittel besitzen, jedoch auch schwerwiegende Auswirkungen auf die Umwelt haben. Sie werden für die Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht verantwortlich gemacht und als Treibhausgase bezeichnet.

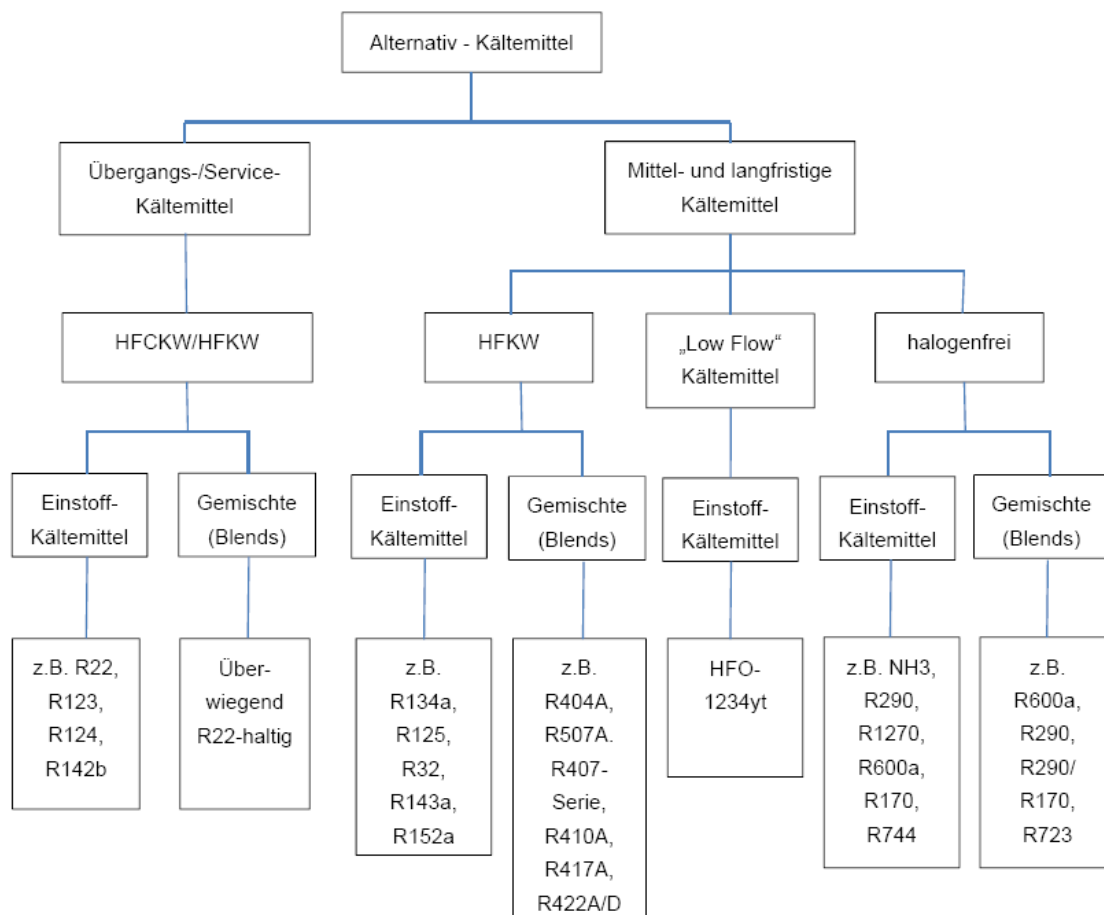
### 3.3.2 Teilhalogenierte Fluor-Kohlenwasserstoffe (HFKW)

In den 1990iger Jahren wurde eine neue „synthetische“ Generation von chlorfreien Kältemitteln, die HFKW, eingeführt.

Die chlorfreien Alternativ-Kältemittel, die von der chemischen Industrie angeboten werden, sind R-134a, R-125, R-152a, R-143a und R-32, wobei die drei letztgenannten brennbar sind und dies nicht dem Standard „Sicherheitskältemittel“ entspricht.

In den letzten Jahren hat das relativ hohe Treibhauspotential dieser HFKW bzw. HFKW-Gemische zur nächsten umweltpolitischen Diskussion und in weiterer Folge bereits zu Vorschriften auf EU und nationaler Ebene geführt.

z.B. EU Verordnung EG Nr. 842/2006: Seit 2007 ist der Einsatz von HFKW speziell in Anlagen mit mehr als 3 kg Füllmenge reglementiert: z.B. wiederkehrende Dichtheitsprüfungen, Ausbildung von Personal, usw.



**Abbildung 5: Auflistung Alternativ - Kältemittel<sup>11</sup>**

### 3.3.3 Natürliche Kältemittel<sup>12</sup>

Die alten, natürlichen Kältemittel, also jene Stoffe die natürlich in unsere Biosphäre vorkommen, haben den Vorteil, dass ihre Umweltauswirkungen bekannt sind und speziell das Treibhauspotential, verglichen mit den HFKW, vernachlässigbar klein ist.

R-717, also NH<sub>3</sub> oder Ammoniak, ist ein ausgezeichnetes Kältemittel. Es ist allerdings giftig, unter gewissen Voraussetzungen brennbar und es verträgt sich nicht mit Kupfer.

R-718, H<sub>2</sub>O und Wasser, ist absolut umweltverträglich. Es ist aber auf Einsatzbereiche von über 0°C beschränkt und hat, speziell unter 100°C, eine sehr geringe volumetrische Heizleistung, was voluminöse Verdichter erfordert.

<sup>11</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH; Kältemittelreport ; 15. Auflage - verfügbar am 22.12.2012

<sup>12</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH; Kältemittelreport ; 15. Auflage - verfügbar am 22.12.2012

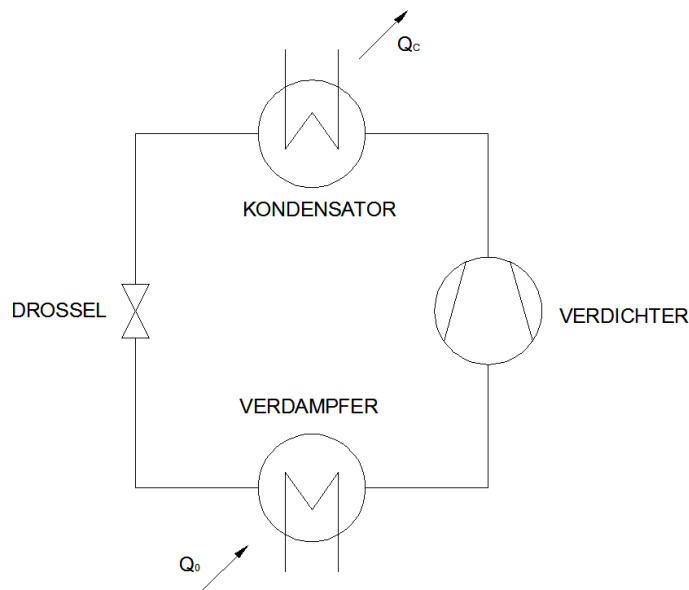
R-290 und R-600a: also die Kohlenwasserstoffe Propan und Iso-Butan bzw. deren Gemische, erweisen sich, wenn man Brennbarkeit in Kauf nehmen kann, als ausgezeichnete Kältemittel. R-600a dominiert Österreich und Deutschland bei Kühlschränken und Tiefkühltruhen.

R-744, also CO<sub>2</sub> oder Kohlendioxid, erfüllt neben Wasser die Anforderungen, die an ein Sicherheitskältemittel gestellt werden (unbrennbar und ungiftig). Hierbei handelt es sich um ein Hochdruckkältemittel, das bei den meisten Anwendungen für die bestehende 30-bar Technologie nicht geeignet ist. Darüber hinaus repräsentiert R-744 im überkritischen Bereich, also bei Kondensationstemperaturen von über 30°C, einen neuartigen Kreislauf. Es erfordert allerdings für den Wärmepumpeneinsatz Verdichter und sonstige Komponenten für Drücke bis 150 bar, d.h. eine andere Technologie zu den Standard-Kältemitteln.

Wie man daraus erkennen kann, ist die Anwendung dieser natürlichen Alternativen nicht ganz unproblematisch, da sie teilweise giftig und/oder brennbar sind und teilweise andere Materialunverträglichkeiten haben.

### 3.4 Wärmepumpenprozesse

Unter Wärmepumpenprozesse versteht man all diejenigen Prozesse, mit deren Hilfe der natürliche Wärmefluss von einem höherem zu einem tieferen Temperaturniveau durch Zufuhr von höherwertiger Energie umgekehrt wird. Diese höherwertigere Energie kann mechanische, elektrische oder thermische Energie sein.



**Abbildung 6: Bestandteile einer Wärmepumpe<sup>13</sup>**

Der Kältemittelkreislauf der Wärmepumpe besteht aus Kondensator, Kältemitteldrossel, Verdampfer sowie Verdichter. Ein geeignetes Kältemittel gelangt auf einem höheren Druckniveau in dampfförmigen Zustand in den Kondensator und gibt dort bei mittlerer Temperatur während der Verflüssigung Wärme an einen Kühlwasserkreislauf ab. Danach wird das flüssige Kältemittel auf einen niedrigeren Druck entspannt, damit das Kältemittel unter Zufuhr von Wärme auf einem niedrigeren Temperaturniveau wieder verdampft werden kann. Dies geschieht im Verdampfer, wo es Wärme von einer Wärmequelle bzw. von einem Wärmeträger aufnimmt und dabei wieder verdampft. Im Falle einer Wärmepumpe kann diese Wärme z.B. von Grundwasser, Erdwärme oder Außenluft zu Verfügung gestellt werden.

---

<sup>13</sup> Folgende Ausführung bezieht sich auf: Berties, Werner ; weitergeführt von Möschwitzer, Roland: Übungsbeispiele aus der Wärmelehre, 20., verbesserte Auflage – Fachbuchverlag Leipzig

### 3.4.1 Thermodynamischen Grundlagen

Der erste Hauptsatz der Thermodynamik besagt, „dass Energie weder aus dem Nichts gewonnen, noch ohne Rückstand vernichtet werden kann“. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass reale Energieumwandlungen nur in eine bestimmte Richtung ablaufen, d.h. dass sie nicht oder zumindest nicht vollständig reversibel sind. Der irreversible Ablauf besteht in einem Übergang von einem Zustand kleinerer auf einen Zustand größerer Wahrscheinlichkeit.<sup>14</sup>

### 3.4.2 Kaltdampfprozess

Die Kaltdampfprozesse laufen entweder zwischen zwei oder drei Temperaturen ab. Als theoretische Vergleichsprozesse dienen Carnot-Prozesse, die jeweils aus zwei Isothermen und zwei Isentropen bestehen, wobei es sich bei den Prozessen, die zwischen drei Temperaturen ablaufen, üblicherweise um die Kombination eines rechts- und eines linksdrehenden Prozesses, also eines Kraft- und eines Wärmepumpenprozesses handelt. Diese theoretischen Vergleichsprozesse, stellen Kreisprozesse mit dem geringsten Arbeits- bzw. Wärmeeaufwand dar.

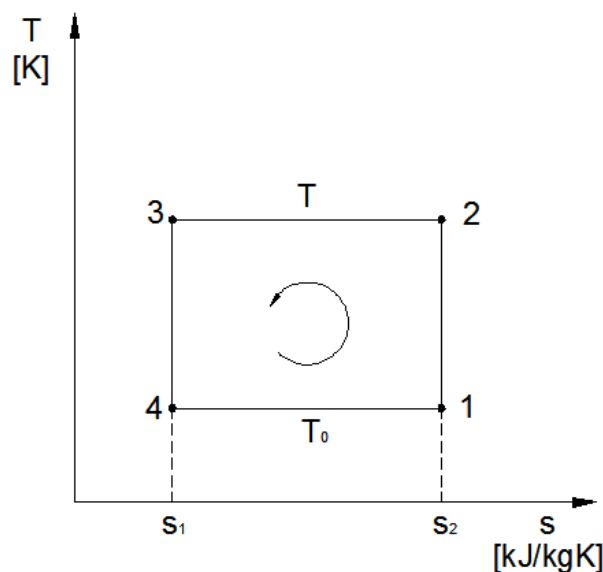


Abbildung 7: Wärme-Pump-Verfahren zwischen zwei Temperaturen ( $T$ ,  $T_0$ )<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Steger/ Sieghart/ Glauning: Technische Mechanik 3 – Thermodynamik, Festigkeitslehre, Schwinungen, 4. Auflage – öbv&hpt Verlagsgesellschaft mbH. & Co. Kg, Wien 2000

<sup>15</sup> Steger/ Sieghart/ Glauning: Technische Mechanik 3 – Thermodynamik, Festigkeitslehre, Schwinungen, 4. Auflage – öbv&hpt Verlagsgesellschaft mbH. & Co. Kg, Wien 2000

Zu den Verfahren, die zwischen zwei Temperaturen ablaufen, gehört der Prozess der Kompressions-Wärmepumpe. Der Carnot-Prozess für die Kompressionskältemaschine verläuft gegen den Uhrzeigersinn (linksläufig) ab. Der Ablauf besteht in der Isentropen Verdichtung, der isothermen Kondensation, bei der Wärme abgegeben wird, der isentropen Entspannung und der isothermen Verdampfung, bei der Wärme auf tieferem Temperaturniveau aufgenommen wird.

### 3.4.3 Vergleichsprozess der Kompressions-Wärmepumpe

Bei Kompressions-Wärmepumpen verläuft der Carnot-Prozess im Nassdampfgebiet, jedoch ist eine Kompression von Nassdampf insbesondere mit Kolbenverdichtern auf Grund „Flüssigkeitsschläge“ nicht möglich. Daher wird der ideale Carnot-Kreisprozess in der Praxis in Hinblick an die Anforderungen an den Verdichter verzerrt: Die Verdampfung auf dem niedrigeren Temperaturniveau muss bis zur oberen Grenzkurve durchgeführt werden, erst der trockene Dampf kann verdichtet werden. Auf Grund der isentropen Verdichtung auf das höhere Temperatur- bzw. Druckniveau tritt eine Überhitzung auf. Nach Abschluss der Verflüssigung ist im Carnot Prozess eine Entspannung in einer Entspannungsturbine vorgesehen, die vom flüssigen Zustand in das Nassdampfgebiet expandieren müsste. Dieser Vorgang wird in der Praxis durch die einfachere Drosselung bei konstanter Enthalpie ersetzt.

Der aus diesen Anforderungen resultierende Vergleichsprozess für Kompressions-Wärmepumpen ist der Perkins-Evans- Prozess:

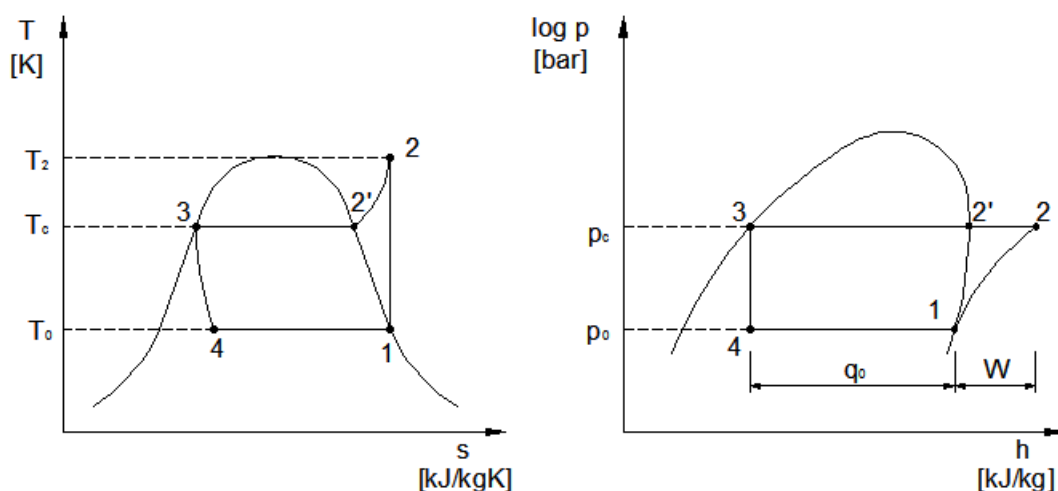


Abbildung 8: Perkins-Evans-Prozess im T-s und im log p-h Diagramm<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Steger/ Sieghart/ Glauning: Technische Mechanik 3 – Thermodynamik, Festigkeitslehre, Schwingungen, 4. Auflage – öbv&hpt Verlagsgesellschaft mbH. & Co. Kg, Wien 2000

Die Leistungszahl ist auch beim Perkins-Evans-Prozess von den Temperaturen  $T$  und  $T_0$  abhängig; da die Dampfdruckkurve eines Kältemittels Druck und Temperatur im Nassdampfgebiet einander eindeutig zuordnet, ergibt sich somit eine Abhängigkeit der Leistungszahl vom Verflüssigungs- und vom Verdampfungsdruck. Sie ist auf Grund der Abweichung allerdings geringer als beim Carnot-Prozess.

### 3.4.4 Realer Wärmepumpenprozess

Gegenüber dem Carnot Prozess bzw. dem Vergleichsprozess treten bei realem Wärmepumpenprozess verschiedene Abweichungen auf, obwohl man in der Regel bestrebt ist, den Wärmepumpenprozess möglichst dem Carnot-Prozess, bzw. dem Perkins-Evans-Prozess anzupassen.

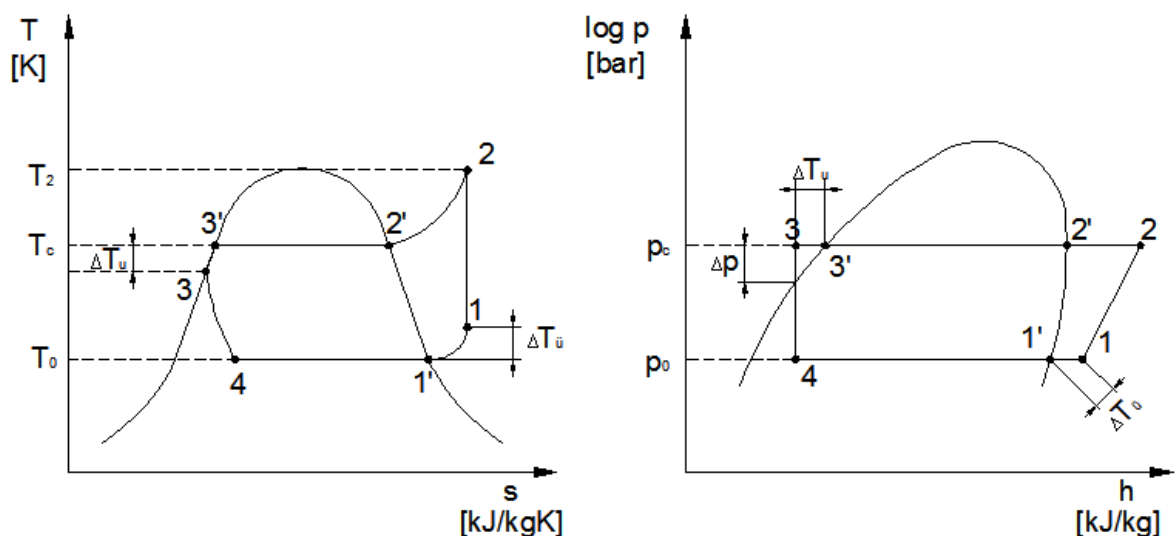


Abbildung 9: Realer Wärmepumpenprozess im T-s und im log p-h Diagramm<sup>17</sup>

Im Gegensatz zum Carnot Prozess steigt die Temperatur des Kältemittels bei der Verdichtung von Punkt 1 bis zum Punkt 2 erheblich über die Kondensationstemperatur an, weil das Kältemittel speziell bei Hubkolbenverdichter schon zu Beginn der Verdichtung vollständig verdampft sein muss, d.h. der Ausgangspunkt für die Verdichtung muss auf der oberen Grenzkurve liegen.

<sup>17</sup> Steger/ Sieghart/ Glauning: Technische Mechanik 3 – Thermodynamik, Festigkeitslehre, Schwinungen, 4. Auflage – öbv&hpt Verlagsgesellschaft mbH. & Co. Kg, Wien 2000

### 3.4.5 Lorenz-Prozess

Eine Variante des Carnot-Prozesses ist der Lorenz-Prozess, der aus zwei Isentropen und zwei Polytropen besteht. Die Polytropen ergeben sich z.B., wenn an Stelle eines Einkomponenten-Kältemittels (Reinstoff) oder eines azeotropen Kältemittelgemisch verwendet wird, dessen Temperatur bei Verdampfung und Kondensation bei konstantem Druck ein Temperaturband durchläuft. Die Größe des Temperaturbandes hängt von den Bestandteilen des Gemisches und vom Mischungsverhältnis ab.

Der Lorenz-Prozess weist gegenüber dem Carnot-Prozess Vorteile auf, wenn Medien auf der Verdampferseite abgekühlt und auf der Kondensatorseite aufgeheizt werden müssen. Bei geringen Abkühlungs- und Aufheizungsspannen ist der Carnot-Prozess günstiger. Die unten angeführte Abbildung zeigt einen Vergleich der Verhältnisse beim Carnot- und beim Lorenzprozess:

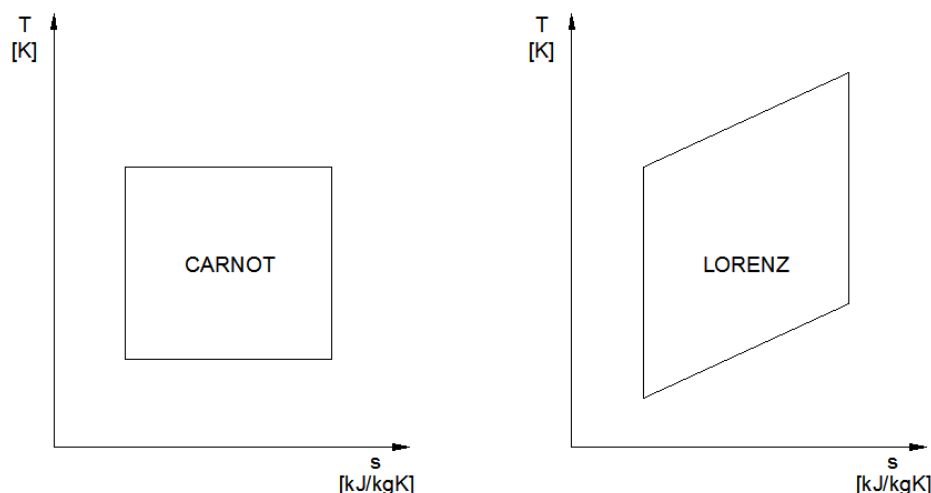


Abbildung 10: Vergleich Carnot Prozess / Lorenz Prozess<sup>18</sup>

### 3.4.6 Lorentzen-Prozess (transkritische Wärmepumpe)

Der Lorentzen-Prozess, bekannt nach dem „Wiederentdecker“ des überkritischen CO<sub>2</sub> – Kreislafs Gustav Lorentzen sieht aus wie eine Kombination aus dem Carnot-Prozess und dem Lorenz-Prozess, ist aber eine Kombination aus dem Carnot-Prozess und dem Joule-Brayton-Prozess. Dieser Prozess hat eine Verdampfung bei konstanter Temperatur wie der Carnot-Prozess und eine Erhitzung bei gleitender Temperatur wie

<sup>18</sup> Steger/ Sieghart/ Glauning: Technische Mechanik 3 – Thermodynamik, Festigkeitslehre, Schwingungen, 4. Auflage – öbv&hpt Verlagsgesellschaft mbH. & Co. Kg, Wien 2000



der Joule-Brayton-Prozess, allerdings nicht im quasi idealen Gasgebiet, sondern unmittelbar im Bereich des kritischen Punktes von  $\text{CO}_2$ .

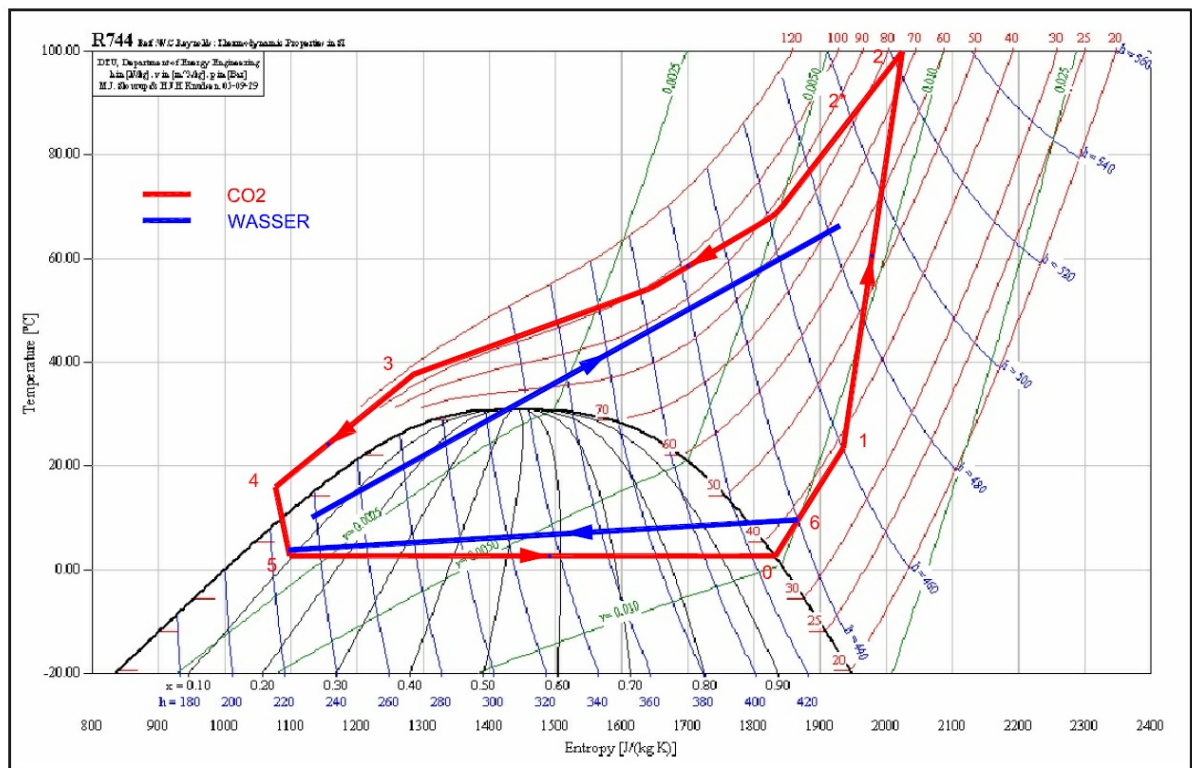


Abbildung 11: Wärmepumpenprozess im T-s Diagramm<sup>19</sup>

Dieser Prozess eignet sich auf Grund seiner Charakteristik hervorragend für Anwendungen, bei denen eine unlimitierte Wärmequelle zur Verfügung steht und wärmesenkseitig eine große Aufwärmspanne erforderlich ist.

Wärmepumpen mit transkritischer Prozessführung bestehen wie Maschinen mit subkritischer Prozessführung aus vier wesentlichen Baugruppen:

- Verdampfer
- Verdichter
- Gaskühler (Wärmetauscher)
- Expansionsventil (Drosselorgan)

<sup>19</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Thermea Energiesysteme GmbH, Thermodynamische Gegenüberstellung Subkritisch – transkritisch: URL: <http://www.thermea.de/waermepumpen/technologie/thermodynamische-gegenueberstellung-subkritisch-transkritisch> ; abgerufen am 27.12.2012

Die zuvor angeführten Aggregate sind mittels Rohrleitungen miteinander verbunden. Das System ist hermetisch abgeschlossen und mit dem Arbeitsstoff CO<sub>2</sub> (R744) gefüllt.

„Nur mit Kohlendioxid besteht die Möglichkeit, ein hohes Temperaturniveau mit den überwiegend vorkommenden niedrig temperierten Wärmequellen, also Umweltwärme, Wärme aus Abwasser oder sonstiger nicht mehr nutzbarer (z.B. industrieller Abwärme) zu kombinieren und CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich zu senken. Neben der Entwicklung des Energiebedarfs ist der anthropogen verursachte Anstieg der CO<sub>2</sub> Emission ein Alarmsignal. Hierbei entfällt ein maßgeblicher Anteil auf die Stromerzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe, welcher zur globalen Erwärmung beiträgt.“<sup>20</sup>

Das CO<sub>2</sub> auf der Wärmenutzungsseite befindet sich im überkritischen Bereich, was eine Gaskühlung und keine Verflüssigung mit sich bringt.

Kohlendioxid wird in einem sogenannten transkritischen Kreisprozess unter Aufwendung von Volumenänderungsarbeit fortlaufend folgenden Zustandsänderungen unterworfen:

- Verdampfen
- Verdichten
- Kühlung des transkritischen Fluids als anisotherme und isobare Zustandsänderung
- Entspannen

„Der Vorteil dieses Kreisprozesses besteht darin, dass eine Wärmequelle mit einem niedrigen Temperaturniveau, beispielweise Abwärme oder Grundwasser, durch Verdampfen des unter niedrigem Druck stehenden flüssigen Arbeitsstoffstromes Wärmeenergie entzogen wird. Der überhitzte Arbeitsstoffdampf wird von dem Verdichter angesaugt und verdichtet. Dabei wird dem Arbeitsstoff Volumenänderungsarbeit zugeführt. Der spezifische Enthalpiegehalt des Arbeitsstoffdampfes steigt weiter an. Die Temperatur des Arbeitsstoffdampfes erhöht sich auf ein nutzbares Temperaturniveau. Ab diesem Punkt unterscheiden sich Wärmepumpen mit CO<sub>2</sub> als Arbeitsstoff im Kreisprozess grundlegend von Wärmepumpen in subkritischer Betriebsweise.“<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Thermea Energiesysteme GmbH, Thermodynamische Gegenüberstellung Subkritisch – transkritisch: URL: <http://www.thermea.de/waermepumpen/technologie/thermodynamische-gegenueberstellung-subkritisch-transkritisch> ; abgerufen am 27.12.2012

<sup>21</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Thermea Energiesysteme GmbH, Thermodynamische Gegenüberstellung Subkritisch – transkritisch: URL: <http://www.thermea.de/waermepumpen/technologie/thermodynamische-gegenueberstellung-subkritisch-transkritisch> ; abgerufen am 27.12.2012

Der Prozess stellt sich im Temperatur-Entropie-Diagramm und Druck-Enthalpie-Diagramm wie folgt dar:

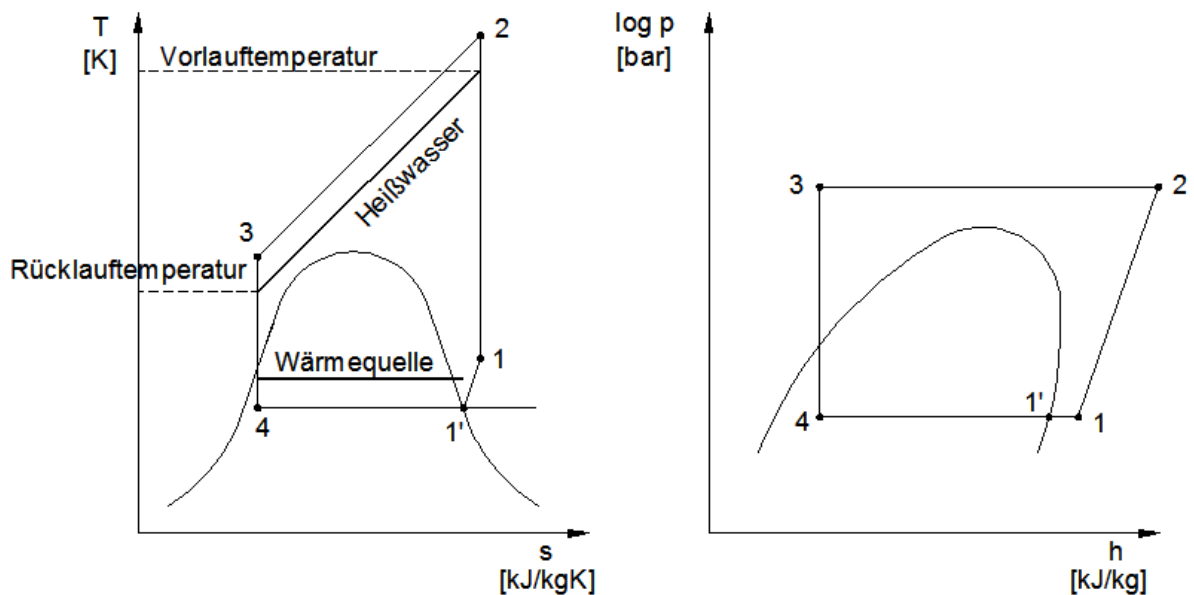


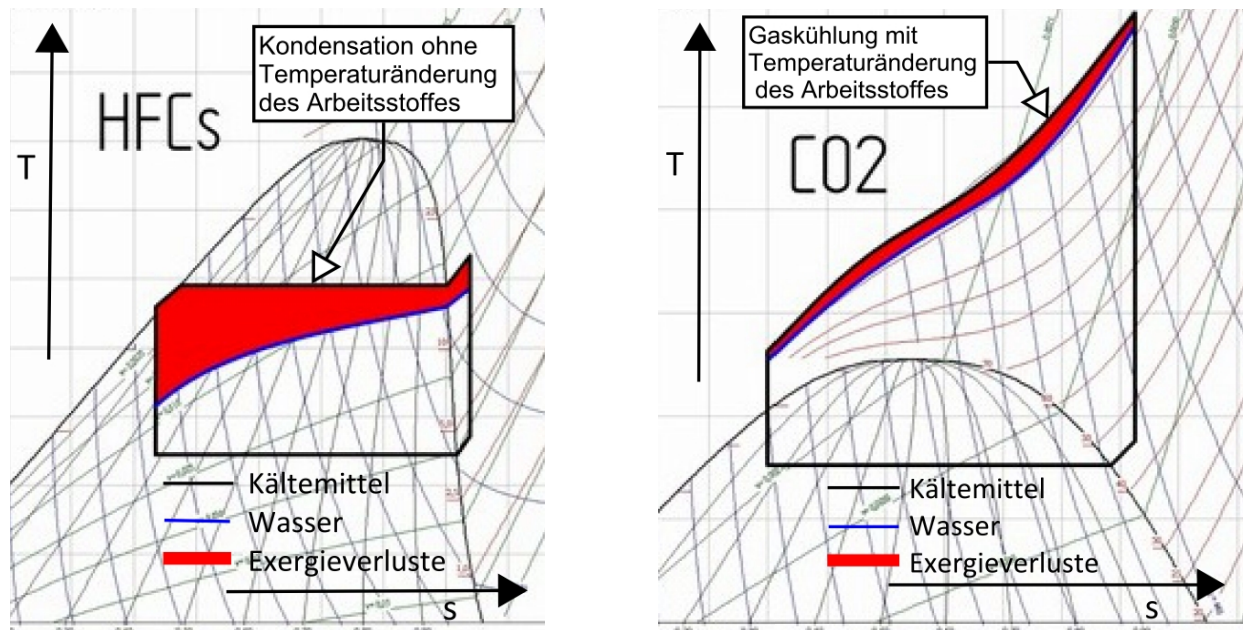
Abbildung 12: Transkritischer Wärmepumpenprozess im T-s und im log p-h Diagramm<sup>22</sup>

### 3.4.7 Thermodynamische Gegenüberstellung subkritisch - transkritisch

Der Prozess einer CO<sub>2</sub> Wärmepumpe unterscheidet sich auf Grund der gleitenden Temperaturänderung des Arbeitsstoffes im Gaskühler.

Das Kältemittel bei subkritischen Kreisprozessen wird hingegen bei konstanter Temperatur verflüssigt.

<sup>22</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Thermea Energiesysteme GmbH, Thermodynamische Gegenüberstellung Subkritisch – transkritisch: URL: <http://www.thermea.de/waermepumpen/technologie/thermodynamische-gegenueberstellung-subkritisch-transkritisch> ; abgerufen am 27.12.2012



**Abbildung 13: Vergleich Prozessführung mit fluorierten Kohlenwasserstoffen (HFCs, unterkritisch) und Kohlendioxid als Arbeitsstoff (transkritisch)<sup>23</sup>**

Für die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe ist die Leistungszahl ausschlaggebend. Die Leistungszahl beschreibt das Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand. Dieses Verhältnis wird als COP (Coefficient of Performance) bezeichnet.

Wärmepumpen werden grundsätzlich mit elektrischem Strom betrieben, woraus eine Verschlechterung dem energetischen Wirkungsgrad des Systems mit sich bringt. Je höher die Temperatur zwischen der Heizmitteltemperatur und der Wärmequellentemperatur ist, desto höher ist der Wirkungsgrad der Anlage.

Für die Leistungsziffer beim transkritischen CO<sub>2</sub> Prozess ist die mittlere Warmwassertemperatur ausschlaggebend – beim subkritischen Prozess ist dies die Kondensationstemperatur.

Um hohe Vorlauftemperaturen erzielen zu können, sind niedrige primäre Wassereintrittstemperaturen Voraussetzung. Daraus resultierend sind niedrige Mitteltemperaturen und in Folge hohe Leistungszahlen erreichbar.

Auf Grund der vorliegenden theoretischen Grundlagen, wird für das gegenständliche Bauvorhaben die Wärmeversorgung mittels subkritischer Wärmepumpe, sowie transkritischer Wärmepumpe technisch und wirtschaftlich betrachtet.

<sup>23</sup> Thermea Energiesysteme GmbH, Thermodynamische Gegenüberstellung Subkritisch – transkritisch:  
URL: <http://www.thermea.de/waermepumpen/technologie/thermodynamische-gegenueberstellung-subkritisch-transkritisch> ; abgerufen am 27.12.2012

Niedertemperaturwärmepumpen sind für den Einsatz von Vorlauftemperaturen bis 50 °C sinnvoll. Höhere Temperaturen, wie sie zum Beispiel für die Warmwasserbereitung benötigt werden, müssen mit einer zusätzlichen Wärmequelle versorgt werden (z.B. Fernwärme). Dieses zusätzliche Heizsystem könnten mit Hochtemperaturwärmepumpen (transkritische Prozessführung) vermieden werden, da diese Temperaturen bis 90 °C Vorlauftemperatur erreichen.

## 4 Datenerfassung - Laborgebäude

Als ersten Schritt wurden sämtliche Räume geschossweise aufgelistet und die gegebenen Flächen und Höhen eingetragen. Je nach Raum ergeben sich diverse Anforderungsprofile, wie der Bedarf an Heizung, Kühlung, Lüftung oder Anzahl der Sanitäreinrichtungsgegenstände.

Die in den nächsten Punkten beschriebenen Ergebnisse wurden im Raumbuch, welches im Anhang beigelegt ist, ermittelt.

### 4.1 Leistung zur Gebäudebeheizung

Zur Bestimmung der Leistungsgröße des Wärmeerzeugers ist eine Heizlastberechnung lt. Norm erforderlich. Die Heizlast ist jene Energie, welche dem Gebäude zugeführt werden muss, damit bei tiefster Norm-Außentemperatur die gewünschte bzw. lt. Norm vorgeschriebene Innentemperatur erreicht wird.

Die Normheizlast ist die Summe der einzelnen Raumheizlasten, welche aus der Norm-transmissionsheizlast und der Norm-Lüftungsheizlast besteht.

Den größten Einfluss auf die Heizlast hat die Wärmedämmung des Gebäudes. Je höher die Qualität der Gebäudehülle ist, desto größer wird der Einfluss der Lüftungsheizlast. Auf Grund der immer dichter werdenden Gebäudehüllen, sowie der teilweisen gesetzlichen Vorgabe ist es erforderlich, mechanische Lüftungssysteme einzusetzen. Diese Systeme sind mit hochwertigen Wärmerückgewinnungssystemen ausgestattet, um die Lüftungswärmeverluste nochmals zu reduzieren.

Die Wärmeverluste von innen nach außen werden auf Grund der hochwertigen Gebäudehülle immer geringer, jedoch steigt die Überwärmung im inneren des Raumes. Große Fensterflächen, sowie hohe innere Lasten, können in der heutigen Zeit schon den eigentlich erforderlichen Wärmebedarf übersteigen.

Auf Grund des aktuellen Projektstatus war kein detaillierter Bauteilkatalog vorhanden und eine detaillierte Berechnung der Normheizlast nicht möglich. Daher wurden ein Erfahrungswert von 80 W pro Quadratmeter für erdanliegende Flächen, sowie ein spezifischer Wert von 40 W pro Quadratmeter für die Zwischengeschosse herangezogen um somit eine Gebäudeheizlast zu ermitteln.

2. Untergeschoss + Zwischengeschoss	:	60,2 kW
1. Untergeschoss	:	74,3 kW
Erdgeschoss	:	64,1 kW
1. Obergeschoss	:	45,7 kW
2. Obergeschoss	:	45,8 kW
3. Obergeschoss	:	45,8 kW
4. Obergeschoss	:	45,6 kW
<b>Gesamtheizleistung</b>		<b>381,5 kW</b>

## 4.2 Leistung zur Warmwasserbereitung

Um die Größe des Warmwasserbereiters zu ermitteln, ist es notwendig, die Anzahl sämtlicher Verbraucher zu erfassen. Auf Grund der fehlenden Planungstiefe bzw. der fehlenden Angaben vom Architekturbüro, wurde der Bedarf an Wasser bzw. des daraus resultierenden Warmwasserverbrauchs vom Nutzer als Planungsgrundlage vorgegeben.

Angabe durch den Bauherrn: 21.000 Liter Kaltwasser pro Tag

Davon wird etwa 30 Prozent Warmwasser benötigt: 7.000 Liter pro Tag.

Lt. Herstellerdaten Fa. Stransky (techn. Daten siehe Anhang Teil 2):

**Leistung für Speicherladesystem: 60 kW**

## 4.3 Leistung der Zirkulationsverluste

Durch baulich technische Maßnahmen muss sichergestellt werden, dass in Zeiten ohne Wasserentnahme eine Mindesttemperatur von 55 °C an jeder Stelle des TWE eingehalten wird.

Laut ÖNORM B 5019 muss ein ständiger Betrieb der Zirkulationspumpe gewährleistet sein. Somit ist die Leistung das ganze Jahr gleichbleibend.

Verteilsysteme für erwärmtes Trinkwasser mit Zirkulation sind vor Wärmeverlust zu schützen. Der Temperaturverlust im gesamten Verteilsystem inkl. Zirkulationsleitungen darf maximal 5 K betragen, gemessen vom Austritt aus dem Speicher bis zum Eintritt der Zirkulationsleitung in den Speicher oder Wärmetauscher.

Verteilleitungslänge pro Stockwerk	:	100 m
Anzahl der zu versorgenden Stockwerke	:	6
Steigleitungslänge	:	25 m
Anzahl der Steigstränge	:	2

Gesamtleitungslänge für Warmwasserleitung und Zirkulationsleitung:

$$L = (100 \text{ m} * 6) * 2 = 1200 \text{ m}$$

$$L = 25 \text{ m} * 2 * 2 = 100 \text{ m}$$

Die Wärmeverluste sind von der Temperatur des Warmwassers sowie der umgebenden Raumluft abhängig.

Vereinfacht können folgende Wärmeverluste unter folgenden Annahmen herangezogen werden:<sup>24</sup>

Annahmen:

- TWW Temperatur: 60 °C (Abkühlung vernachlässigt)
- Temperatur der Raumluft: Kellergeschoss + 5 °C / Installationsschacht: + 25 °C

Wärmeverluste:

- Im Keller verlegte Rohrleitungen:  $q_{W,K} = 11 \text{ W/m}$
- Im Schacht verlegte Warmwasserleitungen:  $q_{W,S} = 7 \text{ W/m}$

$$\dot{Q}_w = L_{W,K} * q_{W,K} + L_{W,S} * q_{W,S} = 1200 \text{ m} * 11 \text{ W/m} + 100 \text{ m} * 7 \text{ W/m} = 13,9 \text{ kW}$$

**Leistungsverlust Zirkulation: 13,9 kW**

## 4.4 Leistung zur Lufterwärmung (Lüftungsgeräte)

Die Bemessung der Anlagen erfolgte auf Basis des hygienischen Luftwechsels nach ÖN H 6020 bzw. aus Vorgaben nach DIN 1946 für die Planung von Laboratorien.

Die hierfür erforderlichen Luftvolumenströme wurden im Raumbuch eingetragen und auf unterschiedliche Anlagen je nach Nutzung aufgeteilt (siehe Anhang Teil 1).

### 4.4.1 Lüftungskonzept

#### Allgemein

Für das Laborgebäude ergibt sich aufgrund der Zentralenanordnung eine Aufteilung in 2 Hauptanlagen mit zonenweisen bzw. geschoßweisen Nachbehandlungseinheiten. Diese ergeben sich entweder aus laborspezifischen Anforderungen, aus produktionstechnischen Anforderungen oder aus platztechnischen Gründen.

Die Gesamtaußenluftmenge beträgt 128.685 m<sup>3</sup>/h.

- Hauptanlage Hauslüftung WEST 74.510 m<sup>3</sup>/h
- Hauptanlage Hauslüftung OST 54.175 m<sup>3</sup>/h

#### Außenluftzustände

Sommer:

32 °C und 40%rF

---

<sup>24</sup> Recknagel, Sprenger, Schramek: Taschenbuch für Heizung + Klima Technik, 70. Auflage – Oldenbourg Industrieverlag München



Winter: -16 °C und 99%rF

Zulufttemperatur

Sommer(Entfeuchten): 14 °C und 99%rF

Sommer(Nachheizen): 20 °C

Winter 23 °C

Winter (Befeuchten) 6,5 g/kg

Im Winter wird die Außenluft über einen Plattenwärmetauscher geführt und anschließend mittels Heizregister auf die gewünschte Zuluftkondition erwärmt.

Die nachstehenden Berechnungen wurden mittels AHH – Berechnungssoftware ermittelt. Sämtliche Eingabedaten sowie Berechnungsergebnisse sind im Anhang – Teil 3 angeführt.

Variante 1: Wärmerückgewinnung 60 % / Erwärmung der Zuluft auf 23°C

Berechnungsgrundlage:

Außenluft: - 16° C / 90 % r.F.

Abluft: 23 °C / 45 % r.F.

**Leistung für Lufterwärmung: 902 kW**

Auf Grund der hohen Leistung für die Lufterwärmung wird der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung von 60 auf 75 % erhöht um somit eine geringe Temperaturdifferenz der zu erwärmenden Luft zu erhalten.

Variante 1: Wärmerückgewinnung 75 % / Erwärmung der Zuluft auf 23°C

Berechnungsgrundlage:

Außenluft: - 16° C / 90 % r.F.

Abluft: 23 °C / 45 % r.F.

**Leistung für Lufterwärmung: 451 kW**

Somit ist ersichtlich, dass bei Erhöhung des Wärmerückgewinnungsgrades des Plattenwärmetauschers rund die Hälfte der Anschlussleistung des Heizregisters eingespart werden kann.

## 4.5 Leistung zur Luftbefeuchtung

Um die gewünschte absolute Luftfeuchtigkeit der Zuluft zu erzielen, muss eine Befeuchtung im Lüftungsgerät erfolgen.

Die nachstehenden Berechnungen wurden mittels AHH – Berechnungssoftware ermittelt. Sämtliche Eingabedaten sowie Berechnungsergebnisse sind im Anhang – Teil 3 angeführt.

Berechnungsgrundlage:

Zuluft: 23 % / 45 % r.F.

Befeuchtung auf  $x=6,5$  g/kg mittels Sattdampf: 105 °C

**Leistung für Luftbefeuchtung: 693 kW**

## 4.6 Laborgebäude – Überblick der Leistungen

VERWENDUNG	Heizbedarf
Warmwassererzeugung + Zirkulationsverluste	74 kW
Statische Heizung (HK, FBH)	385 kW
Lüftungsanlagen Labor (Heizregister)	451 kW
Lüftungsanlagen Labor (Befeuchtung)	693 kW
<b>Gesamtheizleistung</b>	<b>1.603 kW</b>

Tabelle 2: Leistungsüberblick

Die Systemtemperaturen für die einzelnen Bereiche sind wie folgt vorgesehen:

- Warmwasserladung 75/55°C
- Vorheizregister Lüftung 50/30°C
- Lüftungsheizregister 40/30°C
- Heizkörpergruppen 40/30°C
- Flächenheizungen 35/30°C
- Luftbefeuchtung 130° C (Fernwärme Heißwasser)

## 5 Ermittlung des Energieverbrauchs

Auf Grund der vorstehend ermittelten Anlagenteile bzw. Anlagengrößen und Leistungen wurde eine jährliche Verbrauchsermittlung erstellt:

### 5.1 Wärmemenge für Gebäudeheizung:

Lt. Auflistung Raumbuch – Ermittlung der beheizten Flächen mittels spezifischer Heizlast (Erfahrungswert zw. 80 W/m<sup>2</sup> im Untergeschoss sowie 40 W/m<sup>2</sup> in den Zwischengeschossen)

Grundlage:

Betriebsstunden 1.242 h/a (Annahme)

P<sub>Tot</sub> = 385 kW

Auf Grund der hohen inneren Lasten (Personen, Maschinen, Beleuchtung) wird die Transmission um den Faktor 0,5 reduziert.

$$Q = 385 \text{ kW} * 1.200 \text{ h/a} * 0,5 = 231.000 \text{ kWh/a}$$

### 5.2 Wärmemenge für Wassererwärmung:

Das Warmwasser wird im Speicherladesystem erzeugt – lt. ÖNORM B 5019 muss die Temperatur beim Speicheraustritt 60 °C betragen. Ein maximaler Temperaturverlust von 5 K ist maximal zulässig.

Auslegungsgrundlagen:

Warmwasserverbrauch: 7.000 Liter pro Tag

300 Tage pro Jahr

Erwärmung von 5°C auf 60°C

$$Q = 7.000 \text{ l/d} * 300 \text{ d/a} * 4,19 \text{ kJ/kg K} * 55 \text{ K} * \frac{1}{3600\text{s}} = 134.400 \text{ kWh/a}$$

### 5.3 Wärmeverluste der Zirkulationsleitung:

Bei ganzjährigem Betrieb - 24 h pro Tag (lt. ÖNORM B 5019)

Maximale Abkühlung 5 Kelvin

Die Wärmeverluste sind von der Temperatur des Warmwassers sowie der umgebenden Raumluft abhängig.

Vereinfacht können folgende Wärmeverluste unter folgenden Annahmen herangezogen werden:<sup>25</sup>

Annahmen:

- Warmwassertemperatur: 60 °C (Abkühlung vernachlässigt)
- Temperatur der Raumluft: Kellergeschoss + 5 °C / Installationsschacht: + 25 °C

Wärmeverluste:

- Im Keller verlegte Rohrleitungen:  $q_{W,K} = 11 \text{ W/m}$
- Im Schacht verlegte Warmwasserleitungen:  $q_{W,S} = 7 \text{ W/m}$

$$\dot{Q}_W = L_{W,K} * q_{W,K} + L_{W,S} * q_{W,S} = 1200 \text{ m} * 11 \text{ W/m} + 100 \text{ m} * 7 \text{ W/m} = 13.900 \text{ W}$$

$$Q = 13,9 \text{ kW} * 8750 \text{ h/a} = \mathbf{121.625 \text{ kWh/a}}$$

## 5.4 Wärmeleistung für Lufterwärmung:

Lt. Auflistung Raumbuch – Ermittlung des Mindestaußenvolumenstroms: 128.685 m³/h  
Lüftungsgradstunden– Betriebszeit der Anlage von 08:00 bis 18:00, Einblastemperatur von 23 °C (berechnet nach DIN 4710)

Betriebszeit von 0.00 bis ...	Zulufttemperatur in °C					
	18	19	20	21	22	23
1.00	3 810	4 174	4 539	4 904	5 269	5 634
2.00	7 736	8 465	9 195	9 925	10 655	11 385
3.00	11 772	12 865	13 960	15 055	16 150	17 245
4.00	15 897	17 356	18 816	20 276	21 736	23 196
5.00	20 067	21 891	23 716	25 541	27 366	29 191
6.00	24 185	26 374	28 564	30 754	32 944	35 134
7.00	28 111	30 663	33 216	35 771	38 326	40 881
8.00	31 850	34 763	37 679	40 597	43 516	46 436
9.00	35 324	38 581	41 854	45 134	48 417	51 700
10.00	38 552	42 110	45 725	49 362	53 005	56 651
11.00	41 556	45 402	49 318	53 301	57 301	61 306
12.00	44 373	48 495	52 700	56 993	61 342	65 705
13.00	47 037	51 432	55 922	60 504	65 182	69 900
14.00	49 606	54 268	59 042	63 913	68 892	73 961
15.00	52 154	57 081	62 135	67 293	72 561	77 972
16.00	54 741	59 935	65 270	70 716	76 275	82 025
17.00	57 430	62 897	68 517	74 252	80 118	86 215
18.00	60 260	66 007	71 915	77 944	84 149	90 602
19.00	63 234	69 270	75 473	81 832	88 391	95 202
20.00	66 353	72 685	79 220	85 936	92 852	100 023
21.00	69 624	76 294	83 186	90 260	97 538	105 071
22.00	73 025	80 049	87 299	94 735	102 376	110 272
23.00	76 571	83 953	91 564	99 363	107 367	115 628
24.00	80 257	88 000	95 974	104 135	112 505	121 130

\*) berechnet nach DIN 4710 (11.82)

**Tabelle 3: Jährliche Lüftungsgradstunden  $G_L$  in Kh/a<sup>26</sup>**

<sup>25</sup> Recknagel, Sprenger, Schramek: Taschebuch für Heizung + Klima Technik, 70. Auflage – Oldenbourg Industrieverlag München

<sup>26</sup> Recknagel, Sprenger, Schramek: Taschebuch für Heizung + Klima Technik, 70. Auflage – Oldenbourg Industrieverlag München

Betriebszeit von 0:00 – 18:00:  $G_L = 90.602 \text{ Kh/a}$

Betriebszeit von 0:00 – 08:00:  $G_L = 46.436 \text{ Kh/a}$

$G_L$ ....Lüftungsgradstunden in Kh/a

Auf 1 kg/s Luft bezogen lautet die Formel:

$$Q = G_L * c_p \text{ in kJ/a} = G_L * \frac{c_p}{3600 \text{ s}} \text{ in kWh/a}$$

Multipliziert man  $G_L$  mit der spezifischen Wärmekapazität der Luft  $c_p = 1,0 \text{ kJ/kg K}$ , so erhält man den zur Erwärmung von 1 kg/h Luft erforderlichen jährlichen Wärmebedarf  $Q$ .

$$G_L = 90.602 \text{ Kh/a} - 46.436 \text{ Kh/a} = 44.166 \text{ Kh/a} \cong 44.160 \text{ kWh/a je kg/s Luft}$$

$$Q = 44.166 \text{ kWh/a} * \frac{128.685 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 1,204 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{3.600 \text{ s}} = 1.900.816 \text{ kWh/a} \dots \text{ jährlicher Wärmebedarf}$$

Auf Grund der Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlagen werden ca. 60 Prozent der Wärmeenergie wiederverwendet – somit wird die Summe mit dem Faktor 0,6 multipliziert.

$$Q = 1.900.816 \text{ kWh/a} * 0,6 = 1.140.490 \text{ kWh/a}$$

Die o.a. Wärmemenge kann mittels Wärmetauscher zurückgewonnen werden.

$$Q = 1.900.816 \text{ kWh/a} - 1.140.490 \text{ kWh/a} = \mathbf{760.326 \text{ kWh/a}}$$

Da der Wärmebedarf für die Lufterwärmung ein erheblicher Anteil ist, sollte auf einen hohen Wärmerückgewinnungsgrad der Wärmerückgewinnungseinheit geachtet werden.

Daher wird nachstehende der Rückgewinnungsgrad auf 75 % erhöht.

$$Q = 1.900.816 \text{ kWh/a} * 0,75 = 1.425.612 \text{ kWh/a}$$

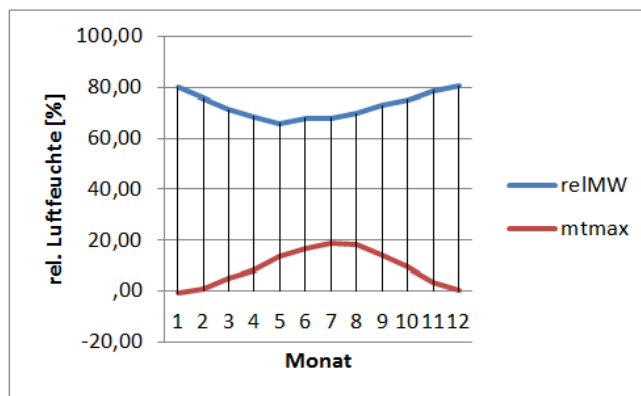
$$Q = 1.900.816 \text{ kWh/a} - 1.425.612 \text{ kWh/a} = \mathbf{412.204 \text{ kWh/a}}$$

Somit kann nochmals eine Wärmemenge von **285.122 kWh/a** durch die Erhöhung des Wirkungsgrades von 60 auf 75 % eingespart werden.

## 5.5 Wärmeleistung für Luftbefeuchtung über Reindampf:

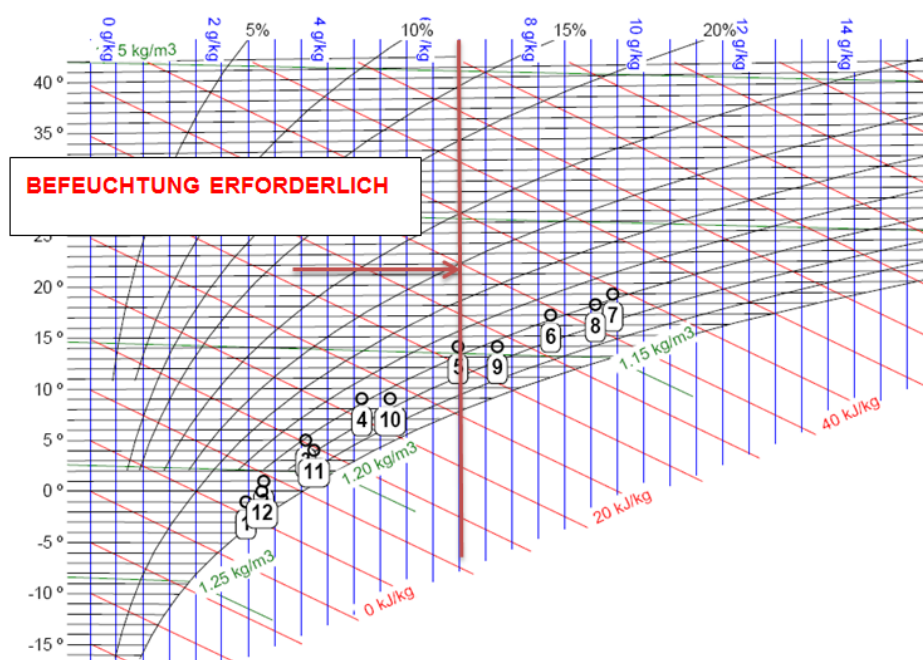
Bei der Befeuchtung wurden Aufzeichnungen von der ZAMG (Zentral Anstalt für Meteorologie) herangezogen und im hx-Diagramm eingetragen. Wie bereits angeführt, ist eine absolute Feuchte der Zuluft von 6,5 g/kg trockene Luft zu erzielen. Somit ist eine Befeuchtung von Oktober bis April erforderlich.

	rel7	rel14	relMW	t <sub>m</sub>
	%r.F.	%r.F.	%r.F.	°C
Jan	86,3	73,5	79,9	-0,8
Feb	85,9	65,6	75,8	0,7
Mar	84,1	58,1	71,1	4,8
Apr	81,8	54,9	68,4	8,5
Mai	79,1	52,5	65,8	13,8
Jun	80,2	55,6	67,9	16,5
Jul	81,0	54,5	67,8	18,6
Aug	83,9	55,6	69,8	18,3
Sep	86,8	58,8	72,8	14,3
Okt	87,2	62,8	75,0	9,3
Nov	86,6	70,6	78,6	3,6
Dez	85,8	75,4	80,6	0,4
Jahr	84,1	61,5	72,8	9,0



**Tabelle 4 + Abbildung 14: Jahresverlauf – Feuchtemonatsmittelwert und Monatsmitteltemperatur<sup>27</sup>**

Die oben angeführten Temperaturmittelwerte, sowie Mittelwerte der relativen Luftfeuchtigkeit, wurden im Mollier-Diagramm eingetragen. Die unter Punkt 4.4.1 vorgegebene absolute Luftfeuchtigkeit von 6,5 g/kg trockene Luft ist im Heizfall sicherzustellen.



**Abbildung 15: Mollier-Diagramm (Feuchtemonatsmittelwert und mittlere Monatstemperatur)**

<sup>27</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: ZAMG – Zentralanstalt für Metrologie, URL: [http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten\\_oesterreich\\_1971\\_frame1.htm](http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm), abgerufen am 13.01.2013

Die Punkte 1 bis 12 in Abbildung 15 zeigen die Monatsmittelwerte der Feuchte und Temperatur für die Monate Jänner (1) bis Dezember (12). Die Außenluftzustände links von der roten Grenzlinie ( $x=6,5 \text{ g/kg}$ ) müssen mittels Befeuchtung von Oktober bis April konditioniert werden.

In den Monaten von Mai bis September ist keine Energie für die Dampferzeugung notwendig. In den Sommermonaten muss jedoch Energie für die Entfeuchtung der Luft aufgebracht werden, um die gewünschte Zuluftkondition zu erreichen.

Wie bei der Heizung, sowie Kühlung, die Begriffe Heiz- und Kühlgradstunden geläufig sind, gibt es auch bei der Befeuchtung sogenannte Befeuchtungsgradtage.

„Diese Befeuchtungstage sind das Produkt aus der Zahl der Befeuchtungstage und dem Unterschied zwischen einem Wassergehalt der Raumluft von  $x=6 \text{ g/kg}$  und dem mittleren Wassergehalt der Außenluft.“<sup>28</sup>

#### Befeuchtungsgradtage:

Bei 10 h Betrieb pro Tag an 250 Tagen im Jahr:

$$Gf = 23.000 \frac{\text{h}}{\text{a}} * \frac{\text{g}}{\text{kg}} * \frac{10}{24} * \frac{250}{365} = 23.000 * 0,285 = 6.555 \frac{\text{h}}{\text{a}} * \frac{\text{g}}{\text{kg}}$$

$G_f$ ....Befeuchtungsgrammstunden

Verdampfungswärme von Wasser:  $h_D = 2.500 \text{ kJ / kg Wasser}$  entspricht:

$$\frac{2.500 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{3.600 \text{ s}} = 0,7 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$$

#### Wärmemenge für Befeuchtung:

$$Q = 6.555 \frac{\text{h}}{\text{a}} * \frac{\text{g}}{\text{kg}} * \frac{0,7 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}}{1.000} = 4,59 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}, \text{a} * 128.685 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 1,204 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ = 711.160 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

<sup>28</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Recknagel, Hermann ; Ginsberg, Otto ; Gehrenbeck, Kurt ; Sprenger, Eberhard ; Hönnmann, Winfried ; Schramek, Ernst – Rudolf: Taschenbuch für Heizung + Klima Technik – 70. Auflage R. Ouldenbourg Verlag

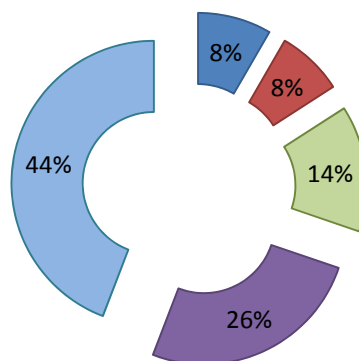
## 5.6 Energiebilanz gesamt

Somit entsteht folgende Wärmebilanz:

Transmission des Gebäudes	231.000 kWh/a
Wassererwärmung	134.400 kWh/a
Zirkulationsverluste	121.625 kWh/a
Lufterwärmung	412.204 kWh/a
<u>Luftbefeuchtung</u>	<u>711.160 kWh/a</u>
<b>GESAMTWÄRMEVERBRAUCH</b>	<b>1.610.389 kWh/a</b>

### ENERGIEBILANZ WÄRMEVERSORGUNG

■ Warmwasser ■ Zirkulation ■ Transmission ■ Lufterwärmung ■ Luftbefeuchtung



**Abbildung 16: Energiebilanz gesamter Wärmeversorgung inkl. Dampf- und Warmwassererzeugung**

Im vorstehenden Diagramm ist ersichtlich, dass rund zwei Drittel der Gesamtenergie für die Luftaufbereitung benötigt wird. Das verbleibende Drittel wird für die Beheizung des Gebäudes sowie für die Warmwasseraufbereitung herangezogen. Ein wesentlicher Faktor ist der Energieverbrauch der Warmwasserzirkulationsleitung. Dieser beträgt 8 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs – die Warmwasserbereitung selbst braucht nur 1 Prozent mehr um den Warmwasserbedarf im gesamten Jahr zu decken.



## 5.7 Energiebilanz Niedertemperatur

Beheizung mittels Wärmepumpe:

Transmission des Gebäudes	231.000 kWh/a
<u>Lufterwärmung</u>	<u>412.204 kWh/a</u>
<b>GESAMTWÄRMEVERBRAUCH</b> (Niedertemperatur)	<b>643.204 kWh/a</b>

### ENERGIEBILANZ WÄRMEVERSORGUNG NIEDERTEMPERATUR

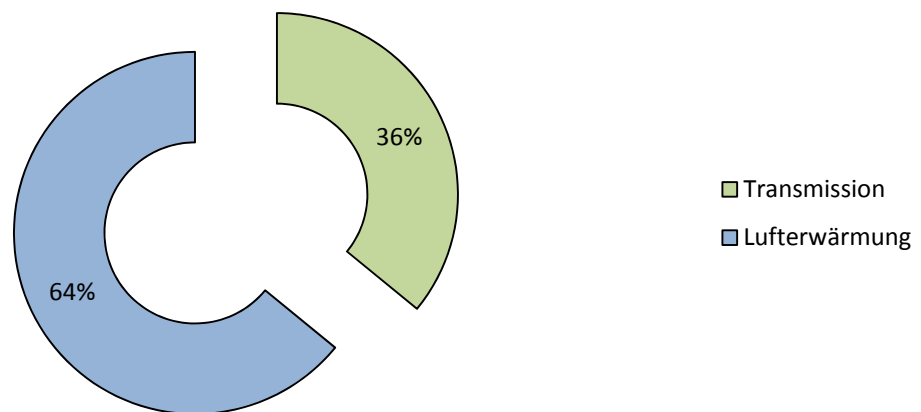


Abbildung 17: Energiebilanz Wärmeversorgung Niedertemperatur

Die Versorgung folgender Anlageteile ist mittels Niedertemperatur vorgesehen:

- Vorheizregister Lüftung 50/30°C
- Lüftungsheizregister 40/30°C
- Heizkörpergruppen 40/30°C
- Flächenheizungen 35/30°C

## 5.8 Energiebilanz Hochtemperatur

Beheizung mittels Fernwärme:

Wassererwärmung	134.400 kWh/a
Zirkulationsverluste	121.625 kWh/a
Luftbefeuchtung	711.160 kWh/a
<b>GESAMTWÄRMEVERBRAUCH</b>	<b>967.185 kWh/a</b>

(Hochtemperatur)

### ENERGIEBILANZ WÄRMEVERSORGUNG HOCHTEMPERATUR

■ Warmwasser ■ Zirkulation ■ Luftbefeuchtung

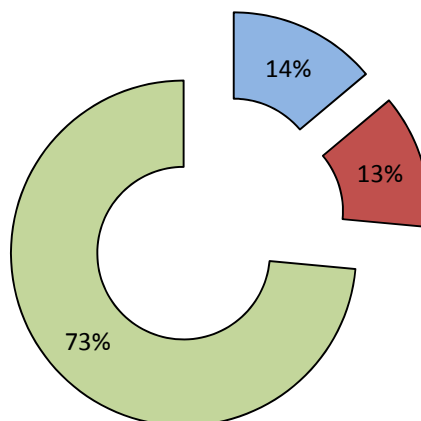


Abbildung 18: Energiebilanz Wärmeversorgung Hochtemperatur

Die Versorgung folgender Anlageteile ist mittels „Hochtemperatur“ vorgesehen:

- Warmwasserladung 75/55°C
- Luftbefeuchtung 130° C (Fernwärme-Heißwasser)

## 5.9 Jahresenergieverlauf:

Um ein Jahresprofil bzw. einen Jahresverlauf der gesamten Wärmemengen zu erhalten, wurden Tabellen erstellt, in welchen die jeweiligen Wärmemengen eingetragen wurden und prozentuell auf die einzelnen Monate aufgeteilt worden sind.

### 5.9.1 Gesamtwärmeverbrauch monatsweise

Monat	Anteil	Transmission	Anteil	WW	Anteil	Zirkulation	Anteil	Lufterwärmung	Anteil	Reindampf- befeuchtung	Anteil	Gesamt
		kWh		kWh		kWh		kWh		kWh		kWh
Jänner	19,00%	43.890,00	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	20,00%	82.440,80	29,00%	206.236,40	22%	353.902,62
Februar	15,00%	34.650,00	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	15,00%	61.830,60	24,00%	170.678,40	18%	288.494,42
März	13,00%	30.030,00	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	13,00%	53.586,52	7,00%	49.781,20	10%	154.733,14
April	8,00%	18.480,00	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	8,00%	32.976,32	4,00%	28.446,40	6%	101.238,14
Mai	3,00%	6.930,00	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	3,00%	12.366,12	0,00%	-	3%	40.631,54
Juni	1,00%	2.310,00	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	0,00%	-	0,00%	-	1%	23.645,42
Juli	0,00%	-	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	0,00%	-	0,00%	-	1%	21.335,42
August	0,00%	-	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	0,00%	-	0,00%	-	1%	21.335,42
September	2,00%	4.620,00	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	2,00%	8.244,08	0,00%	-	2%	34.199,50
Oktober	7,00%	16.170,00	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	7,00%	28.854,28	3,00%	21.334,80	5%	87.694,50
November	14,00%	32.340,00	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	14,00%	57.708,56	8,00%	56.892,80	10%	168.276,78
Dezember	18,00%	41.580,00	8,33%	11.200,00	8,33%	10.135,42	18,00%	74.196,72	25,00%	177.790,00	20%	314.902,14
Jahresverbrauch	100%	231.000,00	100%	134.400,00	100%	121.625,00	100%	412.204,00	100%	711.160,00		1.610.389,00

Tabelle 5: Mittlere Gesamtwärmeleistung monatsweise

### 5.9.2 Mittlere Gesamtleistung monatsweise

Monat	VBS	BS	mittlere Leistung Heizung in kW	VBS	BS	mittlere Leistung Warmwasser-erzeugung in kW	VBS	BS	mittlere Leistung Zirkulation in kW	VBS	BS	mittlere Leistung Lufterwärmung in kW	VBS	BS	mittlere Leistung Reindampf-befeuchtung in kW	Anteil	Gesamt in kW
Jänner	184	310	141,58	744	611	60,00	744	744	13,90	242	310	265,94	310		665,28	72%	1.146,70
Februar	230	280	123,75	672	551	60,00	672	672	13,90	230	280	220,82	280		609,57	64%	1.028,04
März	175	310	96,87	744	611	60,00	744	744	13,90	175	310	172,86	163		305,41	40%	649,04
April	106	300	61,60	720	593	60,00	720	720	13,90	106	300	109,92	106		268,36	32%	513,78
Mai	65	155	44,71	744	611	60,00	744	744	13,90	65	310	39,89	0		0	10%	158,50
Juni	0			720	593	60,00	720	720	13,90	0	300	-	0		0	5%	73,90
Juli	0			744	611	60,00	744	744	13,90	0	310	-	0		0	5%	73,90
August	0			744	611	60,00	744	744	13,90	0	310	-	0		0	5%	73,90
September	41	155	29,81	720	593	60,00	720	720	13,90	41	300	27,48	0		0	8%	131,19
Oktober	114	310	52,16	744	611	60,00	744	744	13,90	114	310	93,08	106		201,27	26%	420,41
November	148	300	107,80	720	593	60,00	720	720	13,90	148	300	192,36	170		334,66	44%	708,73
Dezember	179	310	134,13	744	611	60,00	744	744	13,90	179	310	239,34	260		683,81	71%	1.131,18
Vollbetriebsstunden/a	1242			8760			8760			1300			1395				
Betriebsstunden/a		2430			7200			8760			3650			1395			
Maximalleistung in kW			385,00			60,00			13,90			451,00			693,00		
Installierte Leistung in kW																	1.602,90

Tabelle 6: Gesamtwärmeverbrauch monatsweise

Bei der Transmission, sowie Lufterwärmung, wurden die monatlichen prozentuellen Anteile auf Grund gemessener Heizgradtage der Salzburg AG herangezogen (siehe Anhang Teil 4).

Bei der Reindampferzeugung wurde die Aufteilung auf Grund der Außenluftzustände, welche in Abbildung 18 dargestellt sind, angenommen.

Der Leistungsanteil der Warmwasserbereitung, sowie des ganzjährigen Betriebs der Zirkulationsanlage, ist gleichbleibend.

Die errechneten Werte unterliegen im Wesentlichen dem Nutzerverhalten und den getroffenen Vereinbarungen und können daher auch erheblich (30%) vom tatsächlichen Verbrauch abweichen.

### 5.9.3 Gesamtwärmeverbrauch / Gesamtheizleistung

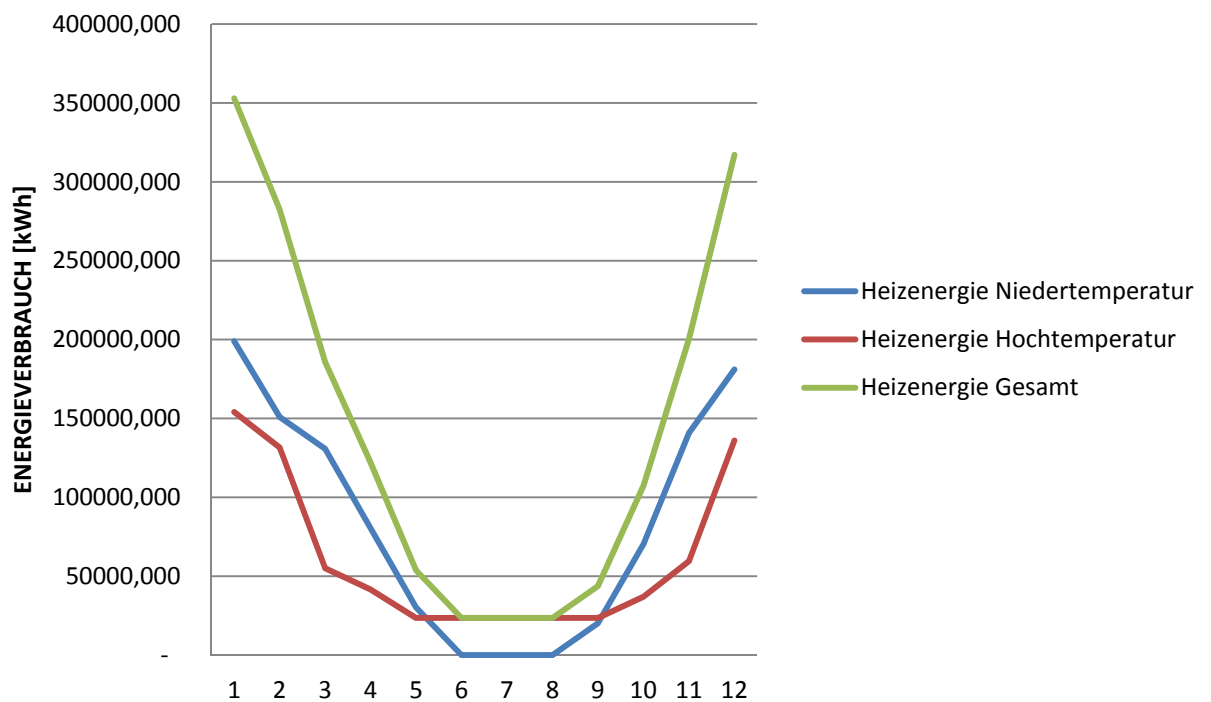
	HEIZENER- GIE*	HEIZLEIS- TUNG*		HEIZENER- GIE	HEIZLEIS- TUNG		HEIZENER- GIE	HEIZLEIS- TUNG
	NIEDER- TEMP.	NIEDER- TEMP.		HOCHTEMP.	HOCHTEMP.		GESAMT	GESAMT
		Mittelwert			Mittelwert			Mittelwert
	[kWh]	[kW]		[kWh]	[kW]		[kWh]	[kW]
Monat								
Jänner	128.640,80	407,52		227.571,82	791,28		356.212,62	1.198,80
Februar	96.480,60	344,57		192.013,82	735,57		288.494,42	1.080,14
März	83.616,52	269,73		71.116,62	431,41		154.733,14	701,14
April	51.456,32	171,52		49.781,82	394,36		101.238,14	565,88
Mai	19.296,12	84,60		21.335,42	126,00		40.631,54	210,60
Juni	-	-		21.335,42	126,00		21.335,42	126,00
Juli	-	-		21.335,42	126,00		21.335,42	126,00
August	-	-		21.335,42	126,00		21.335,42	126,00
September	12.864,08	57,29		21.335,42	126,00		34.199,50	183,29
Oktober	45.024,28	145,24		42.670,22	327,27		87.694,50	472,51
November	90.048,56	300,16		78.228,22	460,66		168.276,78	760,83
Dezember	115.776,72	373,47		199.125,42	809,81		314.902,14	1.183,28
JAHRES- VER- BRAUCH	643.204,00			967.185,00			1.610.389,00	

**Tabelle 7: Jahresverbrauch – monatliche Heizenergie sowie Heizleistung**

Die in Punkt 5.10.8 ermittelten Wärmemengen wurden monatsweise für die Nieder-  
temperatur-, sowie für die Hochtemperaturanlagenanteile, errechnet. Die jeweilige Zuord-  
nung dieser Anlagen wurde bereits unter Punkt 5.7 und 5.8 erläutert.

### 5.9.4 Jahresgang der Energieverbräuche

Der Jahresgang der Energieverbräuche bezeichnet den zeitlichen Verlauf der abgenommenen Leistung über eine zeitliche Periode.



**Abbildung 19: Jahresverlauf des Energieverbrauchs**

Im oben angeführten Diagramm ist ersichtlich, dass der Betrieb der Niedertemperaturanlage, sprich die Niedertemperaturwärmepumpe, in den Sommermonaten nicht im Betrieb sein wird. Somit wird im Sommer nur die Hochtemperatur, also Temperaturen von bis zu 75 °C, benötigt um die Warmwasserversorgung sicherzustellen.

## 6 Betriebskosten Wärmeerzeugung

Für die Beheizung des Gebäudes werden nachstehend drei Varianten untersucht. Wie bereits erwähnt werden in der ersten Variante die Betriebskosten eine Niedertemperaturwärmepumpe mit dem Kältemittel R134a bis Vorlauftemperaturen von 50 °C in Verbindung mit Fernwärme für Vorlauftemperaturen über 50°C berechnet. In Variante 2 und 3 erfolgt die Berechnung der zu erwartenden Betriebskosten mit einer CO<sub>2</sub> Wärmepumpe bzw. mit Fernwärme. Diese beiden Systeme decken das gesamte Temperaturniveau ab.

Als Wärmequelle für die Wärmepumpenanlagen dienen die bereits beschriebenen Betonpfähle welche mittels Rohrleitungen thermisch aktiviert werden.

Für die Befeuchtung der Zuluft werden Temperaturen von über 100 °C benötigt. Diese werden vom Heißwasser-Fernwärmenetz der Salzburg AG bereitgestellt.

### 6.1 Variante 1: NT- Wärmepumpe + Fernwärme + Heißwasser

Beheizung des Gebäudes mittels zwei Niedertemperaturwärmepumpen (Wärmequelle – Erdreich / Betonpfähle) mit dem Kältemittel R134a, sowie unterstützend Fernwärme für Temperaturen über 50 °C Vorlauftemperatur. Heißwasser-Fernwärme wird für die Befeuchterbauteile der Lüftungsgeräte benötigt.

#### Technische Daten Wärmepumpe:

Anzahl:	2
Kältemittel:	R134a
Leistung:	á 686 kW
Gesamtleistung:	1.372 kW
Elektr. Leistungsaufnahme ges.:	296 kW
COP (bei 45/40 °C VL / RL):	4,62

#### Fernwärme:

Leistung:	100 kW
-----------	--------

#### Fernwärme-Heißwasser:

Leistung:	700 kW
-----------	--------

#### Wärmemengen:

##### *Wärmepumpe*

Transmission	231.000 kWh
--------------	-------------

<u>Lüftung</u>	<u>412.204 kWh</u>
----------------	--------------------

<b>Gesamtverbrauch</b>	<b>643.204 kWh</b>
------------------------	--------------------

Fernwärme:

WW-Bereitung	134.400 kWh
<u>Zirkulationsverluste</u>	<u>121.625 kWh</u>
<b>Gesamtverbrauch</b>	<b>256.025 kWh</b>

Fernwärme-Heißwasser:

<u>Luftbefeuchtung</u>	<u>711.160 kWh</u>
<b>Gesamtverbrauch</b>	<b>711.160 kWh</b>

Energiepreise:

Strom:	0,117 €/kWh (exkl. MwSt.)
Fernwärme	0,060 €/kWh (exkl. MwSt.)
Fernwärme (Heißwasser)	0,065 €/kWh (exkl. MwSt.)

**Betriebskosten:**

Wärmepumpe:

$$\frac{643.204 \text{ kWh/a}}{4,62} * 0,117 \text{ €/kWh} = 16.289 \text{ €/a}$$

Fernwärme:

$$256.025 \text{ kWh/a} * 0,06 \text{ €/kWh} = 15.362 \text{ €/a}$$

Fernwärme-Heißwasser:

$$711.160 \text{ kWh/a} * 0,065 \text{ €/kWh} = 46.225 \text{ €/a}$$

**Ges. Betriebskosten Wärmepumpe + Fernwärme:**

$$16.289 \text{ €} + 15.362 \text{ €} + 46.225 \text{ €} = \underline{\underline{77.876 \text{ €}}}$$

## 6.2 Variante 2 – HT-Wärmepumpe + Heißwasser

Beheizung des Gebäudes mittels zwei Hochtemperaturwärmepumpen (Wärmequelle – Erdreich / Betonpfähle) mit dem Kältemittel R744. Heißwasser-Fernwärme wird für die Befeuchterbauteile der Lüftungsgeräte benötigt.

Technische Daten Wärmepumpen:

Anzahl:	2
Kältemittel:	R744
Leistung:	á 579 kW
Gesamtleistung:	1.158 kW
Elektr. Leistungsaufnahme	276,8 kW
COP (bei 75/30 °C VL / RL):	3,1

Fernwärme-Heißwasser:

Leistung:	700 kW
-----------	--------

#### Wärmemengen:

##### *CO<sub>2</sub> Wärmepumpe:*

Transmission	231.000 kWh
Lüftung	305.677 kWh
WW-Bereitung	134.400 kWh
<u>Zirkulationsverluste</u>	<u>121.625 kWh</u>
<b>Gesamtverbrauch</b>	<b>792.702 kWh</b>

##### *Fernwärme-Heißwasser:*

<u>Luftbefeuchtung</u>	<u>711.160 kWh</u>
<b>Gesamtverbrauch</b>	<b>711.160 kWh</b>

#### Energiepreise:

Strom:	0,117 €/kWh (exkl. MwSt.)
Fernwärme	0,060 €/kWh (exkl. MwSt.)
Fernwärme (Heißwasser)	0,065 €/kWh (exkl. MwSt.)

#### Betriebskosten:

##### Wärmepumpen:

$$\frac{792.702 \text{ kWh/a}}{3,1} * 0,117 \text{ €/kWh} = 29.918 \text{ €/a}$$

##### Fernwärme-Heißwasser:

$$711.160 \text{ kWh/a} * 0,065 \text{ €/kWh} = 46.225 \text{ €/a}$$

#### Ges. Betriebskosten Wärmepumpe + Fernwärme:

$$29.918 \text{ €} + 46.225 \text{ €} = \underline{\underline{76.143 \text{ €}}}$$

## 6.3 Variante 3 – Fernwärme + Heißwasser

Beheizung des Gebäudes mittels Fernwärme der Salzburg AG, Befeuchterbauteile werden mittels Heißwasser-Fernwärme versorgt.

##### Fernwärme:

Leistung:	910 kW
-----------	--------

##### Fernwärme-Heißwasser:

Leistung:	700 kW
-----------	--------



### Wärmemengen:

#### Fernwärme:

Transmission	231.000 kWh
Lüftung	412.204 kWh
WW-Bereitung	134.400 kWh
<u>Zirkulationsverluste</u>	<u>121.625 kWh</u>
<b>Gesamtverbrauch</b>	<b>792.702 kWh</b>

#### Fernwärme-Heißwasser:

<u>Luftbefeuchtung</u>	<u>711.160 kWh</u>
<b>Gesamtverbrauch</b>	<b>711.160 kWh</b>

### Energiepreise:

Strom:	0,117 €/kWh (exkl. MwSt.)
Fernwärme	0,060 €/kWh (exkl. MwSt.)
Fernwärme (Heißwasser)	0,065 €/kWh (exkl. MwSt.)

### Betriebskosten:

#### Fernwärme:

$$792.702 \text{ kWh/a} * 0,06 \text{ €/kWh} = 47.562 \text{ €/a}$$

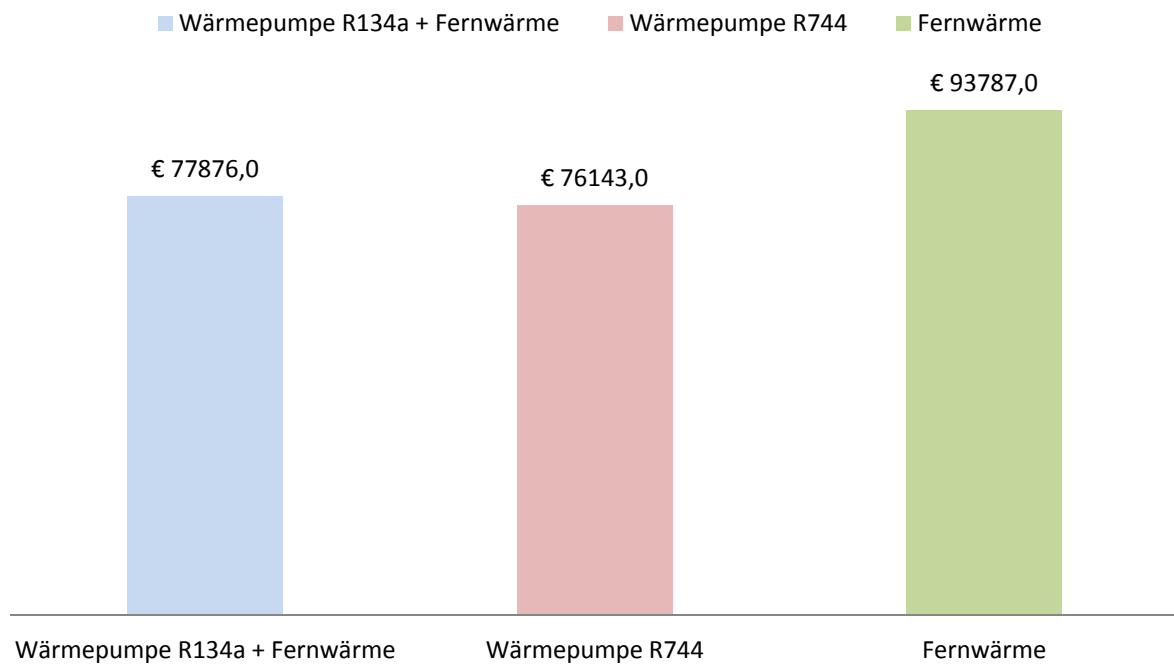
#### Fernwärme-Heißwasser:

$$711.160 \text{ kWh/a} * 0,065 \text{ €/kWh} = 46.225 \text{ €/a}$$

### Ges. Betriebskosten Wärmepumpe + Fernwärme:

$$47.562 \text{ €} + 46.225 \text{ €} = \underline{\underline{93.787 \text{ €}}}$$

## 6.4 Vergleich jährlicher Betriebskosten



**Abbildung 20: Jährliche Betriebskosten je Variante**

## 7 Wirtschaftlichkeit

Die wirtschaftliche Betrachtung der Varianten erfolgt mit Hilfe der dynamischen Investitionsrechnung (Annuitätenmethode – in Anlehnung an die VDI 2067).

Die Gliederung für die Berechnung erfolgte mittels der zwei maßgebenden Kostenarten (Investitionskosten bzw. verbrauchsgebundene Energiekosten). Weitere Kosteneinflüsse wie Wartung und Instandhaltung (ca. 1-3% der Investitionskosten), sowie Kosten für die Wiederbeschaffung oder einer Ersatzinvestition, sind nicht berücksichtigt.

Die Annuitätenmethode ist ein dynamisches Verfahren der Investitionsrechnung. Bei dieser Methode werden periodische Zahlungen mit veränderlichen Beträgen auf einen bestimmten Betrachtungszeitraum in periodisch konstante Beträge aufgeteilt.<sup>29</sup>

Die Berechnung gestattet es, die auf den Betrachtungszeitraum anfallenden Kosten, unmittelbar zu summieren. Somit werden die laufenden Zahlungen, sowie die Investitionskosten, mit Hilfe eines Annuitätenfaktors addiert.

$$ANF_{n,i} = \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} = \frac{(1+0,05)^{20} \cdot 0,05}{(1+0,05)^{20} - 1} = 8,02 \% \quad \dots \text{ Annuitätenfaktor}$$

$$a_{n,i} = C_0 \cdot ANF_{n,i} \quad \dots \text{ Annuität}$$

Der Annuitätenfaktor ist für jede Variante gleich – die Annuität selbst wird mit dem Kapitalwert bzw. den Investitionskosten der jeweiligen Variante multipliziert.

---

<sup>29</sup> VDI 2067 Blatt 1. Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen – Betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen; September 2012

Die Investitionskosten beziehen sich nur auf die Wärmeerzeugung selbst. Das heißt, in Variante 1 und 2 sind nur die Kosten für die Wärmepumpenanlage mit der erforderlichen Verrohrung für die Sonden enthalten. In Variante 3 ist die Fernwärmeübergabestation berücksichtigt. Sämtliche Aggregate, Pumpen und Armaturen sind nicht beinhaltet, da diese Anlagenteile in jeder Variante benötigt werden.

#### **Investitionskosten:**

##### **- Variante 1: Wärmepumpenanlage R134a + Fernwärme**

Wärmepumpe 2 x 650 kW Fa. Covely	€ 144.000
Fernwärme-Station „Hochtemperatur“	€ 15.000
Fernwärme-Station „Heißwasser“	€ 8.000
<u>Energiepfähle</u>	<u>€ 250.000</u>
<b>Gesamtkosten exkl. MwSt.</b>	<b>€ 417.000</b>

##### **- Variante 2: Wärmepumpenanlage R744**

Wärmepumpe 837 kW Fa. Thermea	€ 238.000
Wärmepumpe 572 kW Fa. Thermea	€ 168.000
Fernwärme-Station „Heißwasser“	€ 8.000
<u>Energiepfähle</u>	<u>€ 250.000</u>
<b>Gesamtkosten exkl. MwSt.</b>	<b>€ 664.000</b>

##### **- Variante 3: Fernwärmeanschluss**

Fernwärme-Station „Nieder- & Hochtemperatur“	€ 30.000
<u>Fernwärme-Station „Heißwasser“</u>	<u>€ 8.000</u>
<b>Gesamtkosten exkl. MwSt.</b>	<b>€ 38.000</b>

**Der Betriebskostenberechnung liegen folgende Werte zu Grunde:**

- Energie - Kosten Strom:	0,117	[€/kWh]
- Energie - Kosten Fernwärme $k_{FW}$ :	0,06	[€/kWh]
- Annuität 20a / 5%	8,02	[%/a]
- jährl. Indexanpassung Energiepreise:	3,00	[%]

**Betriebskosten:**

- <u>Variante 1:</u> Wärmepumpenanlage R134a	
+ Fernwärme + Heißwasser	77.876 €/a
- <u>Variante 2:</u> Wärmepumpenanlage R744	
+ Heißwasser	76.143 €/a
- <u>Variante 3:</u> Fernwärmeanschluss	
+ Heißwasser	93.787 €/a

# Betrachtung über Nutzungsdauer

## Ansatz für Indexanpassungen

Energiepreise 3,0%

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Investitionskosten	417.000,0	664.000,0	38.000,0
Nutzungsdauer	20	20	20
Zinssatz	5,0%	5,0%	5,0%
Kapitalwert	33.461,16	53.281,08	3.049,22

Variante 1	1	2	3	4	5
Kapitalkosten	33.461	33.461	33.461	33.461	33.461
Betriebskosten	77.876	80.212	82.619	85.097	87.650
Jahreskosten	111.337	113.673	116.080	118.558	121.111
Lebenszykluskosten WP R134a + FW	111.337	225.011	341.090	459.649	580.760

6	7	8	9	10
33.461	33.461	33.461	33.461	33.461
90.280	92.988	95.778	98.651	101.611
123.741	126.449	129.239	132.112	135.072
704.501	830.950	960.189	1.092.301	1.227.373

11	12	13	14	15
33.461	33.461	33.461	33.461	33.461
104.659	107.799	111.033	114.364	117.794
138.120	141.260	144.494	147.825	151.256
1.365.493	1.506.752	1.651.246	1.799.071	1.950.326

16	17	18	19	20
33.461	33.461	33.461	33.461	33.461
121.328	124.968	128.717	132.579	136.556
154.789	158.429	162.178	166.040	170.017
2.105.116	2.263.545	2.425.723	2.591.763	2.761.780

Variante 2	1	2	3	4	5
Kapitalkosten	53.281	53.281	53.281	53.281	53.281
Betriebskosten	76.143	78.427	80.780	83.204	85.700
Jahreskosten	129.424	131.708	134.061	136.485	138.981
Lebenszykluskosten WP R744	129.424	261.132	395.194	531.678	670.659

6	7	8	9	10
53.281	53.281	53.281	53.281	53.281
88.271	90.919	93.646	96.456	99.349
141.552	144.200	146.927	149.737	152.630
812.211	956.410	1.103.338	1.253.075	1.405.705

11	12	13	14	15
53.281	53.281	53.281	53.281	53.281
102.330	105.400	108.562	111.819	115.173
155.611	158.681	161.843	165.100	168.454
1.561.316	1.719.997	1.881.839	2.046.939	2.215.393

16	17	18	19	20
53.281	53.281	53.281	53.281	53.281
118.628	122.187	125.853	129.628	133.517
171.909	175.468	179.134	182.909	186.798
2.387.303	2.562.771	2.741.905	2.924.814	3.111.612

Variante 3	1	2	3	4	5
Kapitalkosten	3.049	3.049	3.049	3.049	3.049
Betriebskosten	93.787	96.601	99.499	102.484	105.558
Jahreskosten	96.836	99.650	102.548	105.533	108.607
Lebenszykluskosten FW	96.836	196.486	299.034	404.567	513.174

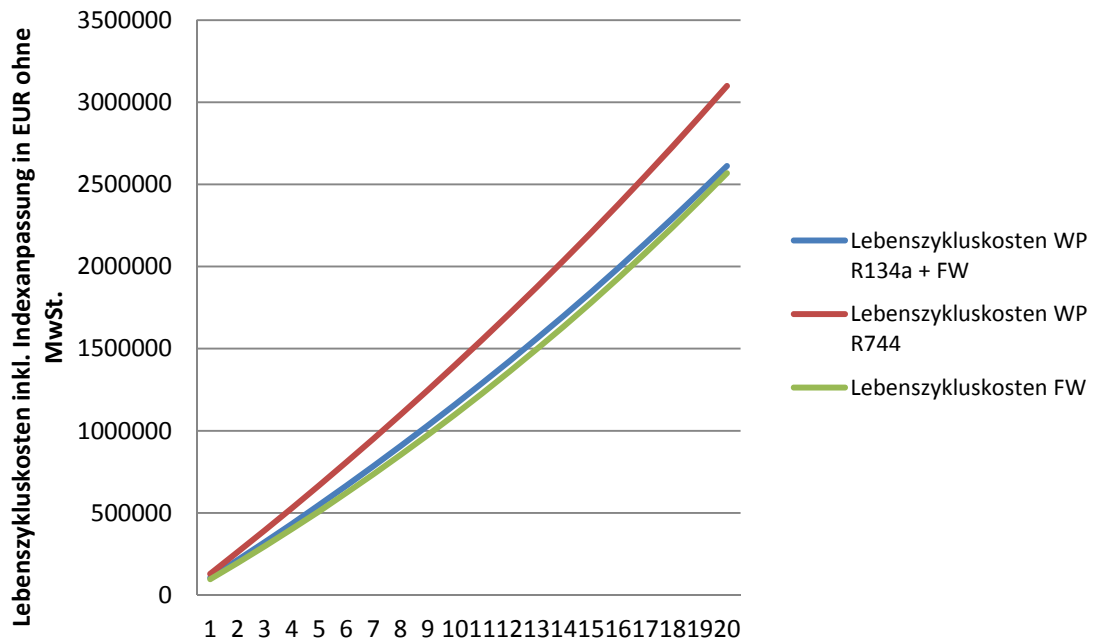
6	7	8	9	10
3.049	3.049	3.049	3.049	3.049
108.725	111.987	115.346	118.807	122.371
111.774	115.036	118.395	121.856	125.420
624.948	739.984	858.379	980.235	1.105.655

11	12	13	14	15
3.049	3.049	3.049	3.049	3.049
126.042	129.823	133.718	137.729	141.861
129.091	132.872	136.767	140.779	144.910
1.234.746	1.367.618	1.504.386	1.645.164	1.790.075

16	17	18	19	20
3.049	3.049	3.049	3.049	3.049
146.117	150.501	155.016	159.666	164.456
149.166	153.550	158.065	162.715	167.505
1.939.241	2.092.791	2.250.856	2.413.571	2.581.076

Tabelle 8: Auszug jährliche Kosten Wärmebereitstellung

## Lebenszykluskosten (Betrachtungszeitraum 20 Jahre)



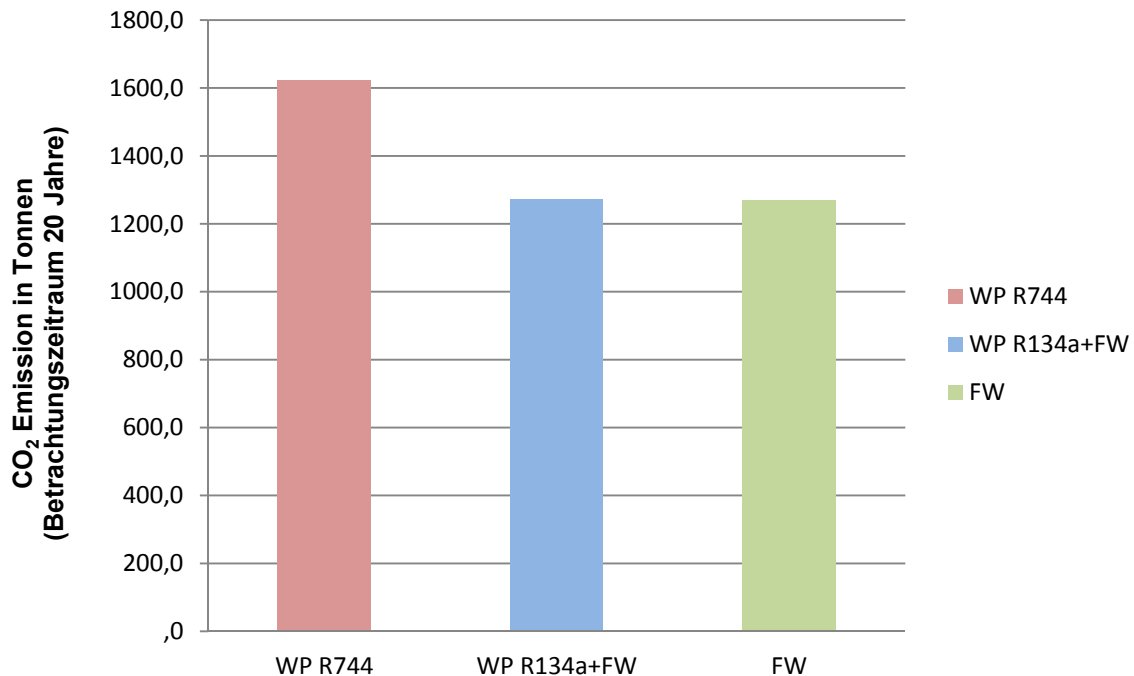
**Abbildung 21: Lebenszykluskosten**

Somit ist ersichtlich, dass sich die Lebenszykluskosten der Fernwärme, sowie eine Kombination aus Fernwärme und Niedertemperaturwärmepumpe, fast decken.

Auf Grund der hohen Investitionskosten ist von einer CO<sub>2</sub>-Wärmepumpe abzuraten.

Die Betriebskosten der Kombination der Niedertemperaturwärmepumpe / Fernwärme sowie der Hochtemperaturwärmepumpe sind fast ident. Die Betriebskosten der Fernwärme sind rund ein Viertel höher, jedoch auf Grund der geringen Investitionskosten ist diese Art der Beheizung am Wirtschaftlichsten.

## 8 CO<sub>2</sub> Emissionen



**Abbildung 22: CO<sub>2</sub> Emissionen (Betrachtungszeitraum 20 Jahre)**

Für die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen der elektrischen Energiebereitstellung der Wärmepumpenanlage wurden gemäß österreichischem Kraftwerkmix ca. 310 kg CO<sub>2</sub>/MWh<sub>el</sub>, für die Versorgung mit Fernwärme 80 kg CO<sub>2</sub>/MWh<sub>th</sub> angesetzt.<sup>30</sup>

### Emissionsmenge CO<sub>2</sub> in 20 Jahren:

Variante 1:	Wärmepumpe R744	1.622 Tonnen CO <sub>2</sub>
Variante 2:	Wärmepumpe R134a+Fernwärme	1.273 Tonnen CO <sub>2</sub>
Variante 3:	Fernwärme	1.268 Tonnen CO <sub>2</sub>

Somit ist ersichtlich, dass auf Grund der geringen CO<sub>2</sub> Emissionen die Beheizung mittels Fernwärme eine ökologisch sinnvolle Lösung darstellen würde. Da die CO<sub>2</sub> Emissionen der elektrischen Energieversorgung fast viermal so hoch sind als bei der Fernwärme, kann dies durch den COP – Wert der Wärmepumpen nicht mehr kompensiert werden.

<sup>30</sup> Dachverband für Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen: Fernwärme – sicher sauber bequem; URL: [http://www.gaswaerme.at/ufile/0/2620/FGW\\_infobrosch\\_fw2011\\_lo.pdf](http://www.gaswaerme.at/ufile/0/2620/FGW_infobrosch_fw2011_lo.pdf) ; verfügbar am 22.12.2012



## 9 Zusammenfassung

Seit Jahren wird vor zunehmender Umweltbelastung und daraus resultierenden Umweltschäden gewarnt. Diese Belastungen wirken sich in Form von Erderwärmung und Naturkatastrophen aus.

Auch der Bausektor hat einen wesentlichen Einfluss auf die Umwelt, da dieser ca. 50 % der natürlichen Ressourcen sowie 40 % Energie und 16 % Wasser verbraucht. Zudem entfallen ca. 60 % aller Abfälle auf die Bauwirtschaft. Heutzutage verbrauchen Gebäude ca. die Hälfte des Gesamtenergieverbrauchs und erzeugen ca. 40 % aller Treibhausemissionen.<sup>31</sup> Die energetische Optimierung der Gebäudehülle sowie eine nachhaltige Energieversorgung, die im Wesentlichen aus erneuerbaren Ressourcen stammen sollte, wäre die Grundlage für zukünftige Überlegungen.<sup>32</sup>

Wie in der Abbildung 21 und 22 ersichtlich, stellt die Beheizung mittels Fernwärme eine wirtschaftliche und auch ökologische Lösung dar.

Da bei fast jedem Bauvorhaben die Investitionskosten im Vordergrund stehen, ist auch bei diesem Bauvorhaben ein Anschluss an das Fernwärmenetz der Salzburg AG, in Hinblick auf die Investitionskosten sowie der Lebenszykluskosten, empfehlenswert.

Da die Temperatur des Erdreichs als Wärmequelle für die CO<sub>2</sub>-Wärmepumpe eher als ungünstig bezeichnet werden können, kann diese Art der Beheizung in diesem Anwendungsfall nicht überzeugen. Im Falle einer Abwärmenutzung von z.B. Fernwärme, Prozesstechniken oder Abwässern in Kombination mit einer CO<sub>2</sub>-Wärmepumpe, wäre diese Wärmeerzeugung in Betracht zu ziehen.

Im Leitfaden „Energieeffizienz für Salzburger Landesgebäude“ des Bundesland Salzburg wird darauf verwiesen, dass Neubauten im Erschließungsgebiet von bestehenden Fern-/Nahwärmenetzen an diese anzuschließen sind. Diese Überlegungen bestätigen die Berechnungen und Ergebnisse dieser Diplomarbeit.

---

<sup>31</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Lenz, Bernhard; Schreiber, Jürgen; Stark, Thomas : Nachhaltige Gebäudetechnik – 1. Auflage Kösel GmbH & Co. KG, Altusried – Krugzell, 2010

<sup>32</sup> Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: Lenz, Bernhard; Schreiber, Jürgen; Stark, Thomas : Nachhaltige Gebäudetechnik – 1. Auflage Kösel GmbH & Co. KG, Altusried – Krugzell, 2010



# Literatur

- [01] Recknagel, Hermann ; Ginsberg, Otto ; Gehrenbeck, Kurt ; Sprenger, Eberhard ; Hönnmann, Winfried ; Schramek, Ernst – Rudolf: Taschenbuch für Heizung + Klima Technik – 70. Auflage R. Ouldenbourg Verlag
- [02] Lenz, Bernhard; Schreiber, Jürgen; Stark, Thomas : Nachhaltige Gebäudetechnik – 1. Auflage Kösel GmbH & Co. KG, Altusried – Krugzell, 2010
- [03] Steger/ Sieghart/ Glauninger: Technische Mechanik 3 – Thermodynamik, Festigkeitslehre, Schwingungen, 4. Auflage – öbv&hpt Verlagsgesellschaft mbH. & Co. Kg, Wien 2000
- [04] Berties, Werner ; weitergeführt von Möschwitzer, Roland: Übungsbeispiele aus der Wärmelehre – 20., verbesserte Auflage Fachbuchverlag Leipzig
- [04] Architekt Thomas Puchner: LKH Salzburg. URL: <http://www.thomaspucher.com/cms/index.php?idcat=127>
- [05] Thermea Energiesysteme GmbH. URL: <http://www.thermea.de/>
- [06] Salzburger Landeskliniken: Masterplan SALK 2020. URL: <http://www.salk.at/5551.html>
- [07] Ochsner Wärmepumpen, URL: <http://www.ochsner.de/die-waermepumpe/funktionsweise/>
- [08] ZAMG – Zentralanstalt für Metrologie, URL: [http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten\\_oesterreich\\_1971\\_frame1.htm](http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm)

- [09] Zogg, Martin; Geschichte der Wärmepumpe; Zogg, Martin: Geschichte der Wärmepumpe - Schweizer Beiträge und internationale Meilensteine, Oberburg, Zogg - Verfahrens- und Energietechnik, 2009
  
- [10] ÖNORM EN 12831 „Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast“, Ausgabe: 2003-12-01
  
- [11] ÖNORM H 6020 „Lüftungstechnische Anlagen für medizinisch genutzte Räume – Projektierung, Errichtung, Betrieb, Instandhaltung, technische und hygienische Kontrollen“, Ausgabe: 2007-02-01
  
- [12] ÖNORM B 5019 „Hygienerelevante Planung, Ausführung, Betrieb, Überwachung und Sanierung von zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlagen“, Ausgabe: 2011-05-01
  
- [13] DIN 1946 „Raumluftechnik, Teil 4: Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäuser (VDI - Lüftungsregeln“, Ausgabe: März 1999
  
- [14] VDI 2067 Blatt 1. Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen – Betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen; September 2012

# Anlagen

Teil 1 .....	A
Teil 2 .....	B
Teil 3 .....	C
Teil 4 .....	D
Teil 5 .....	E

# Anlagen, Teil 1

								HEIZUNG					KÜHLUNG												SANI		LÜFTUNG																
Raumnummer	Raum	Zonenzuordnung	RAUMHÖHE (m)	FLÄCHE (m²)	FLÄCHE beheizt (m²)	FLÄCHE gekühlt (m²)	RAUMKUBATUR (m³)	HEIZUNG	LÜFTUNG	FENSTERLÜFTUNG	SPEZ. HEIZLAST (W/m²)	HEIZLAST (kW)	UMLUFTHEIZER	KÜHLLAST Reduziert (kW)	KÜHLLAST lt. MT Raumkühn (kW)	Reduktion	KÜHLLAST lt. ET (kW)	KÜHLLAST Beleuchtung (W/m²)	KÜHLLAST Personen (W)	KÜHLLAST Trans. (kW)	Vorberechnung KÜHLlast W/m²	GESAMTLAST (kW)	SPEZ. GESAMTLAST (W/m²)	Raumtemperatur °Cj	Einbaitemperatur °Cj	WÄRMEABFUHR ÜBER LÜFTUNG	KÜHLDECKE	UMLUFTKÜLER	OFFENE LEISTUNG	KALTWASSER	WARMWASSER	VE-WASSER	Laborkühn (m³/h)	LUFTWECHSELZAHL	AU/m² (m³/h/m²)	AU/PERSON (m³/h/Person)	PERSONEN	AUSSENLUFTANTEIL	ODA (Aussenluft) nach H R120 (m³/h)	ODA (Aussenluft) gewählt (m³/h)			
2.UG	PROSEKTUR			573,7	275,0	82,2	2008,0					22,0		0,0	0,0	0,0	1,5			0,0		1,50	3					0,00	4,00	-2,50											858,60		
HT-U2-215	Stiege 05		3,50	15,4	15,4		53,9		x		80	1,23																															
HT-U2-212	Technik Druckerhöhung		3,50	45,5			159,25		x																																		
HT-U2-211	Technik Übergabe Fernwärme		3,50	44,9			157,15		x																																		
HT-U2-209	Stiege 04		3,50	21,2	21,2		74,2		x		80	1,70																															
HT-U2-208	Hoch- und Mittelspannung		3,50	82,2		82,2	287,7	x										1,5					1,50	18	26	18		0		4	-2,50					1,43	5				411		
HT-U2-214	HT-Zentrale Prosektur		3,50	126,1			441,35		x																																		
HT-U2-210	Anlieferung Prosektur		3,50	38,8	38,8		135,8		x		80	3,10																															
HT-U2-216	Gasflaschenlager		3,50	20,4	20,4		71,4		x		80	1,63																															
HT-U2-213	Technik Druckluft		3,50	30,0	30,0		105		x		80	2,40																															
HT-U2-048	Altarchiv Blöcke/Schnitte		3,50	73,2	73,2		256,2	x																																	219,6		
HT-U2-33b	Archiv MB/O/ZL		3,50	76,0	76,0		266	x			80	6,08																													228		
2.UG	LABOR			456,5	422,9	207,7	1247,9					33,8		0,0	0,0	0,0	6,3			8,0		14,30	31					0	16	-2												15,50	
HT-U2-301	Foyer		2,40	58,0	58,0		139,2		x		80	4,64																														0	
HT-U2-200	Stiege 01		2,40	21,5	21,5		51,6		x		80	1,72																														0	
HT-U2-201	BMZ		2,40	3,1	3,1	3,1	7,44	x															0,30	97	26	30		0		2	-1,70											15,5	
HT-U2-204	HT-Schacht		2,40	4,9			11,76		x																																	0	
HT-U2-202	Aufzug L1		2,40	3,6			8,64																																		0		
HT-U2-203	Aufzug L2		2,40	7,8			18,72																																		0		
HT-U2-205	E-Schacht		2,40	8,6			20,64																																		0		
HT-U2-206	Reserve		2,40	8,7			20,88																																		0		
HT-U2-303	Anlieferung Labor		2,40	22,7	22,7		54,48		x		80	1,82																													0		
HT-U2-207	Stiege 03		2,40	18,3	18,3		43,92		x		80	1,46																													0		
HT-U2-016	Rohrpostzentrale		2,40	37,3	37,3	37,3	89,52		x		80	2,98							6,0				6,00	161	26	30		0		6	0,00										0		
HT-U2-039	Waschbox		2,40	33,8	33,8		81,12		x		80	2,70																													0		
HT-U2-039	Garage RK		2,40	167,3	167,3	167,3	401,52		x		80	13,38								8			8,00	48	24	30		0		8	0,00										0		
HT-U2-040	Lager incl. Sammelraum RK		4,90	29,5	29,5		144,55		x		80	2,36																													0		
HT-U2-041	Arbeitsvorbereitung mob. Vollblutsp. RK		4,90	31,4	31,4		153,86		x		80	2,51																													0		
2.UG-ZG	LABOR			131,8	109,6	0,0	290,0					4,4		0,0	0,0	0,0	0,0			0	0		0,00	0																		488	500
HT-UZ-301	Foyer		2,20	33,4	33,4		73,48				40	1,34																															
HT-UZ-201	HT-Schacht		2,20	4,9			10,78																																				
HT-UZ-202	E-Schacht		2,20	8,6			18,92																																				
HT-UZ-203	Reserve		2,20	8,7			19,14																																				
HT-UZ-066a	Umkleide H		2,20	6,7	6,7		14,74				40	0,27																															
HT-UZ-066a	Umkleide D		2,20	8,9	8,9		19,58				40	0,36																															
HT-UZ-067a	WC H		2,20	5,2	5,2		11,44				40	0,21																															
HT-UZ-066a	WC D		2,20	7,9	7,9		17,38				40	0,32																															
HT-UZ-302	Vorraum		2,20	3,8	3,8		8,36				40	0,15																															
HT-UZ-204	Stiege 03		2,20	16,5	16,5		36,3				40	0,66																															
HT-UZ-025	Archiv RK		2,20	23,9	23,9		52,58				40	0,96																															
HT-UZ-026	EDV Telefon RK		2,20	3,3	3,3		7,26				40	0,13																															
1.UG	PROSEKTUR			544,4	487,9	374,6	1829,4					19,5		1,9																													





Raumnummer		Raum	Zonenbezeichnung	RAUMHÖHE (m)	FLÄCHE (m²)	FLÄCHE beheizt (m²)	FLÄCHE gekühlt (m²)	RAUMKUBATUR (m³)	HEIZUNG						KÜHLUNG										SANI		LÜFTUNG													
									HEIZUNG	LÜFTUNG	FENSTERLÜFTUNG	SPEZ. HEIZLAST (W/m²)	HEIZLAST (kW)	UNILUFTHIZER	KÜHLLAST Reduziert (kW)	KÜHLLAST n. IT Raumbuch (kW)	Reduktion	KÜHLLAST n. ET (kW)	KÜHLLAST Beleuchtung (W/m²)	KÜHLLAST Personen (W)	KÜHLLAST Trans. (kW)	Vorberechnung Kühllast W/m²	GESAMTLAST (kW)	SPEZ. GESAMTLAST (W/m²)	Raumtemperatur (°C)	Einbaitemperatur (°C)	WÄRMELAST ÜBER LÜFTUNG	KÜHL-DECKE	UNILUFTKÜLER	OFFENE LEISTUNG	KALTWASSER	WARMWASSER	NEBWASSER	Laorabutt (m³/h)	LÜFTWECHSELZAHL	AU/m² (m³/hm²)	AU/PERSON (m³/h/Person)	PERSONEN	AUSSENLUFTANTEIL	ODA (Ausensluft) nach H 8020 (m³/h)
HT-U1-016	Anlieferungs- Abholungszone			3,00	43,7	43,7		131,1			X	40	1,75									0,00	0						0,00								0			
HT-U1-016a	Entsorgungsraum 1			3,00	52,5	52,5		157,5			X	40	2,10									0,00	0						0,00								0			
HT-U1-016b	Entsorgungsraum 2			3,00	73,8	73,8		221,4			X	40	2,95									0,00	0						0,00								0			
HT-U1-309	Übergabe Medgase			3,00	5,3	5,3		15,9			X	40	0,21									0,00	0						0,00								0			
HT-U1-019a	Sammelr. Ents.			3,00	10,7	10,7	10,7	32,1			X	40	0,43					15,0			35	0,54	50	26					0,54						0,00		0			
HT-U1-072	Lager 1			3,00	46,1	46,1	46,1	138,3			X	40	1,84			3,4	3,4	0,0	15,0	0		35	5,71	124	26				5,71					0,00			0			
EG	ZENTRALLABOR				1452,4	1366,6	1429,9	4064,1					47,8		4,5			33,6		7400	0		108,77	75			27280	8	41,0	32,8						17706,40	11750			
HT-EG-001	Befundung	EG/Z3	3,00	10,1	10,1	10,1		30,3				35	0,35						15,0	100		35	0,61	60	26	18	0			0,61					0,00	15			151,5	
HT-EG-001	Empfang / Aufnahme	EG/Z2	3,00	16,4	16,4	16,4		49,2				35	0,57						15,0	100		35	0,92	56	26	18	660			0,26					5,08	15			246	250
HT-EG-002	Befundung	EG/Z4	3,00	13,4	13,4	13,4		40,2				35	0,47						15,0	100		35	0,77	57	26	18	0			0,77					0,00	15			201	
HT-EG-002a	Wartebereich Spender	EG/Z2	3,00	34,0	34,0	34,0		102				35	1,19						15,0	600		35	2,30	68	26	18	1390			0,91					5,10	15			510	520
HT-EG-002b	Wartebereich Patienten	EG/Z2	3,00	14,9	14,9	14,9		44,7				35	0,52						15,0	600		35	1,35	90	26	18	660			0,69					5,59	15			223,5	250
HT-EG-003	Befundung	EG/Z4	3,00	13,4	13,4	13,4		40,2				35	0,47						15,0	100		35	0,77	57	26	18	0			0,77					0,00	15			201	
HT-EG-003	Nachversorgung	EG/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6		37,8				35	0,44						15,0	100		35	0,73	58	26	18	530			0,20					5,29	15			189	200
HT-EG-004	Anamneseraum	EG/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6		37,8				35	0,44						15,0	100		35	0,73	58	26	18	530			0,20					5,29	15			189	200
HT-EG-004	Befundung	EG/Z4	3,00	10,4	10,4	10,4		31,2				35	0,36						15,0	100		35	0,62	60	26	18	0			0,62					0,00	15			156	
HT-EG-005	Anamneseraum	EG/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6		37,8				35	0,44						15,0	100		35	0,73	58	26	18	530			0,20					5,29	15			189	200
HT-EG-005	Befundung	EG/Z4	3,00	13,4	13,4	13,4		40,2				35	0,47						15,0	100		35	0,77	57	26	18	0			0,77					0,00	15			201	
HT-EG-006	Anamnese / Kleinlabor	EG/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6		37,8				35	0,44		0,2	0,2	0,0		15,0	100		35	0,93	74	26	18	850			0,08					8,47	25			315	320
HT-EG-006	Befundung	EG/Z4	3,00	13,4	13,4	13,4		40,2				35	0,47						15,0	100		35	0,77	57	26	18	0			0,77					0,00	15			201	
HT-EG-007	Befundung	EG/Z4	3,00	10,4	10,4	10,4		31,2				35	0,36						15,0	100		35	0,62	60	26	18	0			0,62					0,00	15			156	
HT-EG-007	Ruheraum	EG/Z1	3,00	19,3	19,3	19,3		57,9				35	0,68						15,0	100		35	1,07	55	26	18	800			0,27					5,18	15			289,5	300
HT-EG-008	Befundung	EG/Z4	3,00	13,0	13,0	13,0		39				35	0,46						15,0	100		35	0,75	58	26	18	0			0,75					0,00	15			195	
HT-EG-008	Büro / Sek. / Admin	ÖRK	EG/Z1	3,00	33,1	33,1	33,1	99,3				35	1,16						15,0	100		35	1,76	53	26	18	0			1,76					0,00	15			496,5	
HT-EG-009a	WC Spender D	EG/Z2	3,00	4,5	4,5	4,5		13,5				35	0,16						15,0			35	0,23	50	26	18	260			-0,04					7,41	15			67,5	100
HT-EG-009	WC Patienten D	EG/Z2	3,00	3,6	3,6	3,6		10,8				35	0,13						15,0			35	0,18	50	26	18	260			-0,08					9,26	15			54	100
HT-EG-010a	WC Spender H	EG/Z2	3,00	4,5	4,5	4,5		13,5				35	0,16						15,0			35	0,23	50	26	18	260			-0,04					7,41	15			67,5	100
HT-EG-010	Lab. Manager + EDV	EG/Z4	3,00	19,3	19,3	19,3		57,9				35	0,68						15,0	100		35	1,07	55	26	18	0			1,07					0,00	25			482,5	
HT-EG-010	WC Patienten H	EG/Z2	3,00	3,9	3,9	3,9		11,7				35	0,14						15,0			35	0,20	50	26	18	260			-0,07					8,55	15			58,5	100
HT-EG-011	WC Mitarb. H	EG/Z2	3,00	5,4	5,4	5,4		16,2				35	0,19						15,0			35	0,27	50	26	18	260			0,01					6,17	15			81	100
HT-EG-011a	Büro Schwerpunktkoordinator	EG/Z4	3,00	46,0	46,0	46,0		138				35	1,61						15,0	100		35	2,40	52	26	18	0			2,40					0,00	15			690	
HT-EG-011	Büro Primar + Sekretariat	EG/Z4	3,00	45,9	45,9	45,9		137,7				35	1,61						15,0	100		35	2,40	52	26	18	0			2,40					0,00	15			688,5	
HT-EG-012	WC Mitarbeiter D	EG/Z2	3,00	5,8	5,8	5,8		17,4				35	0,20						15,0			35	0,29	50	26	18	260			0,03					5,75	15			87	100
HT-EG-014	Nachdienstl. Arzt	EG/Z4	3,00	19,3	19,3	19,3		57,9				35	0,68						15,0	100		35	1,07	55	26	18	0			1,07					0,00	15			289,5	
HT-EG-017	Mitarbeiter Küche / Aufenthaltsraum	EG/Z1	3,00	33,7	33,7	33,7		101,1				35	1,18						15,0	100		35	1,79	53	26	18	0			1,79					0,00	25			842,5	
HT-EG-018b	Befundungs- Arzt	EG/Z1	3,00	12,6	12,6	12,6		37,8				35	0,44						15,0	100																				



										HEIZUNG										KÜHLUNG										SANI		LÜFTUNG															
Raumnummer			Zonenbezeichnung	RAUMHÖHE (m)	FLÄCHE (m²)	FLÄCHE beheizt (m²)	FLÄCHE gekühlt (m²)	RAUMKUBATUR (m³)		HEIZUNG	LÜFTUNG	FENSTERLÜFTUNG	SPEZ. HEIZLAST (W/m²)	HEIZLAST (kW)	UMLUFTHEIZER	KÜHLLAST Reduziert (kW)	KÜHLLAST lt. MT Raumbuch (kW)	Reduktion	KÜHLLAST lt. ET (kW)	KÜHLLAST Beleuchtung (W/m²)	KÜHLLAST Personen (W)	KÜHLLAST Trans. (kW)	Vorbedingung Kühllast (W/m²)	GESAMTLAST (kW)	SPEZ. GESAMTLAST (W/m²)	Raumtemperatur (°C)	Erlaubtemperatur (°C)	WÄRMELAST ÜBER LÜFTUNG	KÜHLDECKE	UMLUFTKÜLER	OFFENE LEISTUNG	KALTWASSER	WARMWASSER	NEBWASSER	Laorabutt (m³/h)	LUFTWECHSELZAHL	AU/m² (m³/hm²)	AU/PERSON (m³/h/Person)	PERSONEN	AUSSENLUFTANTEIL	ODA (Aussenluft) nach H R2020 (m³/h)	ODA (Aussenluft) gewähnt (m³/h)					
HT-02-304	Erschließung		02/Z3	3,00	9,0		9,0	27												15,0				35	0,45	50	26	18				0,37					1,11	3				27	30				
HT-02-201	HT-Schacht 1			3,00	10,0			30																																							
HT-02-204	HT-Schacht 2			3,00	8,0			24																																							
HT-02-206	HT-Schacht 3			3,00	6,9			20,7																																							
HT-02-208	HT-Schacht 4			3,00	10,2			30,6																																							
HT-02-207	Schwachstrom EV		02/Z3	3,00	14,7		14,7	44,1												3,0					3,00	204	22	18	90		3	-0,09					1,59	5			73,5	70					
HT-02-209	Starkstrom EV OST		02/Z3	3,00	11,5		11,5	34,5												3,8					3,75	326	26	18	160		3	0,59					1,74	5			57,5	60					
HT-02-205	Stiege 02			3,00	30,2	30,2		90,6					35	1,06																																	
HT-02-203	Stiege 01			3,00	20,2	20,2		60,6					35	0,71																																	
HT-02-210	Stiege 03			3,00	19,5	19,5		58,5					35	0,68																																	
HT-02-023A	Annahme Proben		02/Z2	3,00	14,8	14,8	14,8	44,4					35	0,52						15,0	100		35	0,84	57	26	18	580			0,26						4,95	15			222	220					
HT-02-030	Tiefkühlzelle -20° DNA-Archiv			3,00	22,7			68,1																																							
HT-02-036	Rohchemikalienlager		02/Z3	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8				35	0,44							15,0			35	0,63	50	26	18	500			0,13					50	5,03	15			189	190					
HT-02-037	Spezialzentrifugen		02/Z2	3,00	10,0	10,0	10,0	30				35	0,35				5,6	5,6	0,0	15,0	200		35	6,30	630	26	18	1330		4	0,97	x					16,67	25			250	500					
HT-02-038	Büro Arzt		02/Z3	3,00	13,0	13,0	13,0	39				35	0,46							15,0	100		35	0,75	58	26	18	0			0,75						0,00	15					195				
HT-02-039	Büro Arzt		02/Z3	3,00	13,4	13,4	13,4	40,2				35	0,47							15,0	100		35	0,77	57	26	18	0			0,77						0,00	15					201				
HT-02-040	Büro Arzt		02/Z3	3,00	13,4	13,4	13,4	40,2				35	0,47							15,0	100		35	0,77	57	26	18	0			0,77						0,00	15					201				
HT-02-041	Büro Arzt		02/Z3	3,00	13,4	13,4	13,4	40,2				35	0,47							15,0	100		35	0,77	57	26	18	0			0,77						0,00	15					201				
HT-02-042	Büro Oberarzt		02/Z3	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8				35	0,44							15,0	100		35	0,73	58	26	18	0			0,73						0,00	15					189				
HT-02-423	Geräteraum/Postamplifikation		02/Z1	3,00	63,7	63,7	63,7	191,1				35	2,23				6,1	6,7	0,6	15,0	100		35	9,39	147	26	18	4280	3,822	2	-0,72					20	8,37	25			1592,5	1600					
HT-02-043	Büro ärztlicher Leiter		02/Z2	3,00	25,9	25,9	25,9	77,7				35	0,91							15,0	100		35	1,40	54	26	18	0			1,40						0,00	15					388,5				
HT-02-044A	QM-Archiv / Dokum.		02/Z3	3,00	11,1	11,1	11,1	33,3				35	0,39							15,0	100		35	0,66	59	26	18	450			0,21						5,11	15				166,5	170				
HT-02-044	Sekretariat Ärztlicher Leiter		02/Z2	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68							15,0	100		35	1,07	55	26	18	0			1,07						0,00	15					289,5				
HT-02-046	Aufenthaltsraum		02/Z3	3,00	25,9	25,9	25,9	77,7				35	0,91							15,0	600		35	1,90	73	26	18	0			1,90						0,00	15					388,5				
HT-02-047+049	Umkleide / DU D		02/Z2	3,00	4,6	4,6	4,6	13,8				35	0,16							15,0	100		35	0,33	72	26	18	320			0,01						8,70	15				69	120				
HT-02-048+049	Umkleide / DU H		02/Z2	3,00	4,5	4,5	4,5	13,5				35	0,16							15,0	100		35	0,33	72	26	18	320			0,01						8,89	15				67,5	120				
HT-02-050a	WC Mitarb. D		02/Z3	3,00	6,1	6,1		18,3				35	0,21																								5,46	15				91,5	100				
HT-02-050b	WC Mitarb. H		02/Z3	3,00	6,5	6,5		19,5				35	0,23																								5,13	15				97,5	100				
HT-02-052	Trockenlager 1		02/Z2	3,00	25,5	25,5	25,5	76,5				35	0,89							15,0			35	1,28	50	26	18	260			1,02						1,31	3				76,5	100				
HT-02-053b	Kühlraum +4°			3,00	16,0			48																																							
HT-02-053a	Kühlraum +4°			3,00	12,6			37,8																																							
HT-02-054	Gefrierschrankraum -80°		02/Z2	3,00	11,9	11,9	11,9	35,7				35	0,42				5,0	5,0	0,0	15,0			35	5,60	470	26	18	530		6	-0,94					20	5,60	5				59,5	200				
HT-02-056	Wägersraum		02/Z3	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68				0,9	0,9	0,0	15,0	100		35	1,97	102	26	18	800	1,158		0,01	x	x	x				5,18	15				289,5	300			
HT-02-057	Sterilisation		02/Z3	3,00	25,9	25,9	25,9	77,7				35	0,91				5,0	10,0	5,0	15,0	100		35	6,40	247	26	18	1740	1,554	4	-0,90	x	x	x	3	8,37	25				647,5	650					
HT-02-058	Sterilisation Nährm.		02/Z3	3,00	9,9	9,9	9,9	29,7				35	0,35				5,0	6,0	1,0	15,0	100		35	5,60	565	26	18	660	0,594																		

									HEIZUNG										KÜHLUNG										SANI		LÜFTUNG												
Raumnummer									HEIZUNG	LÜFTUNG	FENSTERLÜFTUNG	SPEZ. HEIZLAST (W/m2)	HEIZLAST (kW)	UNLUFTHIZER	KÜHLAST Reduziert (kW)	KÜHLAST i. d. MT Raumbuch (kW)	Reduktion	KÜHLAST i. ET (kW)	KÜHLAST Beleuchtung (W/m2)	KÜHLAST Personen (W)	KÜHLAST Trans. (kW)	Vorbereitung Kühltast (W/m2)	GESAMTLAST (kW)	SPEZ. GESAMTLAST (W/m2)	Raumtemperatur (°C)	Erhöhttemperatur (°C)	WÄRMEABFUHR ÜBER LÜFTUNG	KÜHLDECKE	UNLUFTKÜLER	OFFENE LEISTUNG	KALTWASSER	WARMWASSER	NEWASSER	Laorabutt (m³/h)	LÜFTWECHSELZAHL	AUßERPERSON (m³/h)	AUßERPERSON (m³/h)	PERSONEN	AUSSENLUFTANTEIL	ODA (Aussenluft) nach H 8020 (m³/h)	ODA (Aussenluft) gewährt (m³/h)		
HT-03-305	Erschließung	O3/Z3	3,00	22,3	22,3	22,3	66,9					35	0,78						15,0	100		35	1,12	50	26	18	170				0,95					0,97	3				66,9	65	
HT-03-001b	WC Beh.	O3/Z2	3,00	4,0	4,0	4,0	12					35	0,14																							8,33	15				60	100	
HT-03-001a	WC D	O3/Z2	3,00	7,8	7,8	7,8	23,4					35	0,27																							4,27	15				117	100	
HT-03-001c	WC H	O3/Z2	3,00	7,8	7,8	7,8	23,4					35	0,27																							4,27	15				117	100	
HT-03-251	Gard. D	O3/Z3	3,00	28,9	28,9	28,9	86,7					35	1,01						15,0	100		35	1,55	53	26	18	1600		-0,06							6,92	15				433,5	600	
HT-03-250	Gard. H	O3/Z3	3,00	28,9	28,9	28,9	86,7					35	1,01						15,0	100		35	1,55	53	26	18	1600		-0,06							6,92	15				433,5	600	
HT-03-004	Putzraum	O3/Z2	3,00	3,9	3,9	3,9	11,7					35	0,14						15,0				35	0,20	50	26	18	260		-0,07							8,55	15				58,5	100
HT-03-005	Aufenthaltsraum	O3/Z2	3,00	27,4	27,4	27,4	82,2					35	0,96						15,0	800		35	2,17	79	26	18	0		2,17								0,00	15				411	
HT-03-006+8	Lager Nassmaterial, Spüle	O3/Z1	3,00	13,7	13,7	13,7	41,1					35	0,48		2,7	2,7	0,0		15,0			35	3,39	247	26	18	130		-0,75	x	x					1,22	3				41,1	50	
HT-03-007	Lager Chemikalien	O3/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8					35	0,44						15,0			35	0,63	50	26	18	130		0,50							20	1,32	3			37,8	50	
HT-03-009	Versorgungsraum	O3/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8					35	0,44						15,0	100		35	0,73	58	26	18	130		0,60							20	1,32	3			37,8	50	
HT-03-010	Depot Kühlt. Histologie	O3/Z1	3,00	21,6	21,6	21,6	64,8					35	0,76		1,7	1,7	0,0		15,0	100		35	2,88	133	26	18	530		2	0,35						20	3,09	3			64,8	200	
HT-03-011	Depot Kühlt. Immunit. /MolekularHTH.	O3/Z1	3,00	8,8	8,8	8,8	26,4					35	0,31		1,7	1,7	0,0		15,0	100		35	2,24	255	26	18	530		2	-0,29						20	7,58	3			26,4	200	
HT-03-012	Depot Gefrierschr.	O3/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8					35	0,44		3,2	3,2	0,0		15,0	100		35	3,93	312	26	18	130		4	-0,20						20	1,32	3			37,8	50	
HT-03-013	Probenannahme	O3/Z2	3,00	13,6	13,6	13,6	40,8					35	0,48						15,0	100		35	0,78	57	26	18	560		0,22							5,15	15				204	210	
HT-03-014	Probenaufbereitung	O3/Z2	3,00	23,5	23,5	23,5	70,5					35	0,82		1,9	1,9	0,0		15,0	100		35	3,18	135	26	18	1600	1,41	0,17	x	x					8,51	25				587,5	600	
HT-03-015	Entwässerung	O3/Z2	3,00	9,9	9,9	9,9	29,7					35	0,35		3,5	3,5	0,0		15,0	100		35	4,10	414	26	18	660		2	1,44	x	x	x		150	8,42	25				247,5	250	
HT-03-016	Hauptlabor Histologie	O3/Z1	3,00	72,8	72,8	72,8	218,4					35	2,55		6,2	6,2	0,0		15,0	100		35	9,94	137	26	18	4810	4,368	0,76	x	x	x				8,24	25				1820	1800	
HT-03-017	Zusammenstellung	O3/Z1	3,00	12,5	12,5	12,5	37,5					35	0,44		0,2	0,2	0,0		15,0	100		35	0,93	74	26	18	850		0,08							8,53	25				312,5	320	
HT-03-018	Makro	O3/Z2	3,00	18,9	18,9	18,9	56,7					35	0,66		0,6	0,6	0,0		15,0	100		35	1,65	87	26	18	2400		-0,76	x	x				900	15,87	25				472,5	900	
HT-03-019	Färbelabor	O3/Z1	3,00	19,2	19,2	19,2	57,6					35	0,67		1,2	1,2	0,0		15,0	100		35	2,26	118	26	18	1470		2	-1,21	x	x	x		550	9,55	25				480	550	
HT-03-020	Zytologielabor	O3/Z1	3,00	19,0	19,0	19,0	57					35	0,67		1,2	1,2	0,0		15,0	100		35	2,25	118	26	18	1390	1,14	-0,28	x	x				520	9,12	25				475	520	
HT-03-021	Schnellschnitt	O3/Z2	3,00	25,9	25,9	25,9	77,7					35	0,91		4,7	4,7	0,0		15,0	100		35	6,10	235	26	18	1740	1,554	2	0,80	x	x				500	8,37	25				647,5	650
HT-03-022	Hauptlabor IHC	O3/Z1	3,00	51,8	51,8	51,8	155,4					35	1,81		5,8	5,8	0,0		15,0	100		35	8,49	164	26	18	3210	3,108	4	-1,83	x	x	x		520	7,72	25				1295	1200	
HT-03-025	PCR PRA	O3/Z1	3,00	8,8	8,8	8,8	26,4					35	0,31		2,0	2,0	0,0		15,0	100		35	2,54	289	26	18	580		2	-0,04	x	x			20	8,33	25				220	220	
HT-03-026	Chefsekretariat	O3/Z3	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9					35	0,68						15,0	100		35	1,07	55	26	18	0		1,07							0,00	15				289,5		
HT-03-027	Schreibbüro 1	O3/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8					35	0,44						15,0	100		35	0,73	58	26	18	0		0,73							0,00	15				189		
HT-03-028	Schreibbüro 2	O3/Z2	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9					35	0,68						15,0	100		35	1,07	55	26	18	0		1,07							0,00	15				289,5		
HT-03-029+030	Unterschr. / Postr. / Hist.Sekr.	O3/Z2	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9					35	0,68						15,0	100		35	1,07	55	26	18	0		1,07							0,00	15				289,5		
HT-03-031	Institutsvorstand	O3/Z3	3,00	25,9	25,9	25,9	77,7					35	0,91						15,0	100		35	1,40	54	26	18	0		1,40							0,00	15				388,5		
HT-03-032	Bürodepot, Bürotechnik	O3/Z2	3,00	11,7	11,7	11,7	35,1					35	0,41						15,0	100		35	0,69	59	26	18	0		0,69							0,00	15				175,5		
HT-03-033	Büro lkt. BMA	O3/Z1	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8					35	0,44						15,0	100		35	0,73	58	26	18	0		0,73							0,00	15				189		
HT-03-034	Befundung 01	O3/Z1	3,00	18,4	18,4	18,4	55,2					35	0,64						15,0	100		35	1,02	55	26	18	0		1,02														



Raum								HEIZUNG										KÜHLUNG										SANI		LÜFTUNG															
Raumnummer:			Zonenbezeichnung	RAUMHÖHE (m)	FLÄCHE (m2)	FLÄCHE beheizt (m2)	FLÄCHE gekühlt (m2)	RAUMKUBATUR (m3)	HEIZUNG	LÜFTUNG	FENSTERLÜFTUNG	SPEZ. HEIZLAST (W/m2)	HEIZLAST (kW)	UNILUFTEIZER	KÜHLLAST Reduziert (kW)	KÜHLLAST n. IT Raumbuch (kW)	Reduktion	KÜHLLAST n. ET (kW)	KÜHLLAST Beleuchtung (W/m2)	KÜHLLAST Personen (W)	KÜHLLAST Trans. (kW)	Vorbereitung Kühltlast (W/m2)	GESAMTLAST (kW)	SPEZ. GESAMTLAST (W/m2)	Raumtemperatur (°C)	Fußbodentemperatur (°C)	WÄRMEBELASTUNG ÜBER LÜFTUNG	KÜHLDECKE	UNILUFTKÜLER	OFFENE LEISTUNG	KALTWASSER (m³/h)	WARMWASSER	VEWASSER	Laborsubst. (m³/h)	LÜFTWECHSELZAHL	AU/L/m² (m³/hm²)	AU/PERSON (m³/h/Person)	PERSONEN	AUSSEN LÜFTANTEIL	ODA (Aussenluft) nach H 8020 (m³/h)	ODA (Aussenluft) gewährt (m³/h)				
HT-04-303	Erschließung		O4/Z3	3,00	47,9	47,9	47,9	143,7															35	2,40	50	26	18		400			2,00					1,00	3				143,7	150		
HT-04-001	Basic-Lab 01		O4/Z1	3,00	18,4	18,4	18,4	55,2				35	0,64		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,62	88	26	18	1230			0,39	x	x	x					8,33	25				460	460	
HT-04-002	Basic-Lab 02		O4/Z1	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,67	86	26	18	1230			0,44	x	x	x					7,94	25				482,5	460	
HT-04-003	Basic-Lab 03		O4/Z1	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,67	86	26	18	1230			0,44	x	x	x					7,94	25				482,5	460	
HT-04-004	Basic-Lab 04		O4/Z1	3,00	19,0	19,0	19,0	57				35	0,67		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,65	87	26	18	1230			0,42	x	x	x					8,07	25				475	460	
HT-04-005	Basic-Lab 05		O4/Z1	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,67	86	26	18	1230			0,44	x	x	x					7,94	25				482,5	460	
HT-04-006	Basic-Lab 06		O4/Z1	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,67	86	26	18	1230			0,44	x	x	x					7,94	25				482,5	460	
HT-04-007	Basic-Lab 07		O4/Z1	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,67	86	26	18	1230			0,44	x	x	x					7,94	25				482,5	460	
HT-04-008	Basic-Lab 08		O4/Z2	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,67	86	26	18	1280			0,39	x	x	x					8,29	25				482,5	480	
HT-04-009	Basic-Lab 09		O4/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8				35	0,44		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,33	106	26	18	1280			0,05	x	x	x					12,70	25				315	480	
HT-04-010	Basic-Lab 10		O4/Z2	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,67	86	26	18	1280			0,39	x	x	x					8,29	25				482,5	480	
HT-04-011	Basic-Lab 11		O4/Z2	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,67	86	26	18	1280			0,39	x	x	x					8,29	25				482,5	480	
HT-04-012	Ber.2/1 Pathologie		O4/Z2	3,00	62,9	62,9	62,9	188,7				35	2,20		1,8	2,3	0,5		15,0	100		35	5,05	80	26	18	4280			0,77	x	x	x				20	8,48	25				1572,5	1600	
HT-04-013	Ber.2/2 Zentrallabor		O4/Z3	3,00	67,0	67,0	67,0	201				35	2,35		0,8	1,9	0,8		15,0	100		35	4,25	63	26	18	4280			-0,03	x	x	x					20	8,33	25				1675	1600
HT-04-014	Ber.2/3 Transfusionsmedizin		O4/Z3	3,00	63,3	63,3	63,3	189,9				35	2,22		0,5	1,0	0,5		15,0	100		35	3,77	59	26	18	4280			-0,52	x	x	x					20	8,33	25				1582,5	1600
HT-04-015	Ber.2/4 Mikrobiologie		O4/Z3	3,00	43,8	43,8	43,8	131,4				35	1,53		1,8	3,9	1,8		15,0	100		35	4,09	93	26	18	2670	2,628		-1,21	x	x	x				40	8,33	25				1095	1000	
HT-04-016	Autom. Immunhistochemie/Cyrostal/Lasermicrodissection		O4/Z2	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,67	86	26	18	1390	1,158		-0,88	x	x	x				520	8,98	25				482,5	520	
HT-04-017	Proteinanalytik		O4/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8				35	0,44		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,33	106	26	18	850	0,756		-0,28	x	x	x					8,47	25				315	320	
HT-04-018	Konfokale Mikroskopie/Obj. scanner		O4/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8				35	0,44		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,33	106	26	18	850	0,756		-0,28	x	x	x					8,47	25				315	320	
HT-04-019	Einf. Mikroskopie u. Histologie		O4/Z2	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8				35	0,44		0,8	1,6	0,8		15,0	100		35	1,53	121	26	18	850	0,756		-0,08	x	x	x					8,47	25				315	320	
HT-04-020	Kleinlabor		O4/Z3	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8				35	0,44		0,4	0,7	0,3		15,0	100		35	1,13	90	26	18	800	0,756		-0,43	x	x	x					8,33	25				315	300	
HT-04-021	Kleinlabor		O4/Z3	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		0,4	0,7	0,3		15,0	100		35	1,47	76	26	18	800	1,158		-0,49	x	x	x					8,33	25				482,5	300	
HT-04-023	FACS m.Sorter		O4/Z3	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		0,3	0,6	0,3		15,0	100		35	1,37	71	26	18	1280			0,09	x	x					8,33	25				482,5	480		
HT-04-024	Life Cell Imaging		O4/Z3	3,00	10,9	10,9	10,9	32,7				35	0,38		0,3	0,6	0,3		15,0	100		35	0,95	87	26	18	800			0,15	x	x					8,33	25				272,5	300		
HT-04-025	DNS-Elektrophorese/Geldokumentation		O4/Z3	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8				35	0,44		0,6	1,2	0,6		15,0	100		35	1,33	106	26	18	840	0,756		-0,27	x	x					8,33	25				315	315		
HT-04-026	Cycler		O4/Z3	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8				35	0,44		0,4	0,7	0,3		15,0	100		35	1,13	90	26	18	840	0,756		-0,47	x	x					8,33	25				315	315		
HT-04-027	DNS-Isolation/PCR-Setup		O4/Z3	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		1,0	2,0	1,0		15,0	100		35	2,07	107	26	18	1280	1,158		-0,37	x	x					8,33	25				482,5	480		
HT-04-028	Sequenzierung / Deep-Sequencing		O4/Z3	3,00	12,6	12,6	12,6	37,8				35	0,44		0,4	0,7	0,3		15,0	100		35	1,13	90	26	18	840	0,756		-0,47	x	x	x					8,33	25				315	315	
HT-04-029	Zellkultur-2Sterilbänke, 3Inkub., N2 Tank		O4/Z3	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		1,2	2,4	1,2		15,0	100		35	2,27	117	26	18	1280	1,158		-0,17	x	x					20	8,33	25				482,5	480	
HT-04-030	Zellkultur S2 Labor-2Sterilbänke, 3Inkub., N2 Tank		O4/Z3	3,00	19,3	19,3	19,3	57,9				35	0,68		2,3	2,3	0,0		15,0	100		35	3,37	174	26	18	1280	1,158		0,93	x	x					50								

r								HEIZUNG								KÜHLUNG														SANI		LÜFTUNG										
Raumnummer:	Raum	Zonenzuteilung	RAUMHÖHE (m)	FLÄCHE (m²)	FLÄCHE beheizt (m²)	FLÄCHE gekühlt (m²)	RAUMKUBATUR (m³)	HEIZUNG	LÜFTUNG	FENSTERLÜFTUNG	SPEZ. HEIZLAST (W/m²)	HEIZLAST (kW)	UMLUFTHEIZER	KÜHLAST Reduziert (kW)	KÜHLAST lt. MT Raumbuch (kW)	Reduktion	KÜHLAST lt. ET (kW)	KÜHLAST Beleuchtung (W/m²)	KÜHLAST Personen (W)	KÜHLAST Trans. (kW)	Vorberechnung Kühllast W/m²	GESAMTLAST (kW)	SPEZ. GESAMTLAST (W/m²)	Raumtemperatur t°C	Einbaitemperatur t°C	WÄRMEBRUCH ÜBER LÜFTUNG	KÜHLDECKE	UMLUFTKÜLER	OFFENE LEISTUNG	KALTWASSER	WARMWASSER	NE-WASSER	Laborabluft (m³/h)	LUFTWECHSELZahl	AUUm2 (m³/hm²)	AUUPERSON (m³h/Person)	PERSONEN	AUSSENLUFTANTEIL	ODA (Aussenluft) nach H R020 (m³h)	ODA (Aussenluft) gewählt (m³h)		
HT-05-000	Sicherheitsbeleuchtung		3,00	11,5		11,5	34,5										1,2					1,20	104	26	30	-130		3	-1,67				1,67	5					57,5	100		
HT-05-000	NSHV		3,00	11,5		11,5	34,5										1					1,00	87	26	30	-130		3	-1,87				1,67	5					57,5	100		
HT-05-000	Serverraum		3,00	11,5		11,5	34,5										30					30,00	2609	22	30	-260		35	-4,74				1,67	5					57,5	100		
HT-05-007	Maschinenraum 1		3,00	16,6			49,8																																			
HT-05-007	Maschinenraum 2		3,00	11,4			34,2																																			
HT-05-007	Stiege 02		3,00	51,7			155,1																																			
HT-05-010	Stiege 03		3,00	19,5			58,5																																			
	ZUSAMMENSTELLUNG			10876	9661		32544					381		330			164		38600				939				280	143	374	142										130911	113680	
	PROSEKTUR			1118	763		3837					42		2			2		2900				24				18	0	4	2											6774	7150
	ZWISCHENBAU			408	408		1225					16		3			0		700				15				0	0	0	15											0	0
	LABOR			9349	8490		27481					324		325			163		35000				900				262	143	370	125											128685	106530
	GRUNDLAGEN:																																									
ARCHITEKTUR:	Excelltabelle Flächenaufstellung vom 08.05.2012, Eingang 21.05.2012																																									
MED-TECHNIK:	Aufstellung Vorentwurf vom 18.05.2012; geändert am 10.09.2012 laut aktuellen Raumbuch 22.06.2012 bzw. 17.08.2012 für Transfusionsmedizin																																									
ELEKTRO:	Leistungsangaben vom 03.05.2012																																									
ENERGIEOPTIMIERUNG:	Reduktionen gem. Besprechung vom 06.09.2012																																									
SALK:	Anpassen der Räume nach SALK-Standard (Entfall von Lüftungen/Kühlungen in Befundung/Büro/Besprechung/Aufenthalt) lt. Besprechung mit Hr. Hupf am 07.09.2012																																									

## Anlagen, Teil 2

## **Warmwasserversorgung Wohnheime**

Warmwasserbereitung mit integrierter verfahrenstechnischer Maßnahme zur wirksamen Abtötung von Legionellen. Speicherladeprinzip mit dynamischem Speicherlademanagement durch temperatur- und betriebszustandsabhängige Regelung des Heizwasser-Lade- und Zirkulationsvolumenstromes zur Einhaltung der Anforderungen des Arbeitsblattes W551 des DVGW (April 2004) und der Ö-Norm B5019.

Überwachung des bestimmungsgemäßen Betriebes durch Protokollierung der mindestens 200 letzten Störmeldungen in einem batteriegepufferten Fehlerspeicher.

Ladegruppe zu Wartungs- und Reparaturzwecken über Kugelhähne vollständig absperrbar.

Ladegruppe in Edelstahlrohr und Rotgussformstücken, inkl. der erforderlichen Fühler, Tauchhülsen, Armaturen, Sicherheitsventil und Thermometer, am Reduktionsspeicher fertig verrohrt.

Regelung am System montiert und elektrisch verdrahtet.

Warmwasserspeicher und Plattenwärmeübertrager nach EnEV wärmegeklämt, recyclebar.

Elektrischer Anschluss und Verbindung mit der Hausinstallation bauseits.

### **Typ: ATT-RDS 60 - 500 - 150 - E- VF**

Leistungsdaten (objektbezogen):

Anschlusswert / Ladeleistung:		60 kW
bei einer heizwasserseitigen Spreizung von:	70 auf	26 °C
und einer Trinkwassererwärmung von	10 auf	60 °C
Speichervolumen inkl. Reduktionsanteil:		500 l
Zirkulationsvolumenstrom:		1,0 m³/h
Maximaler Betriebsdruck trinkwasserseitig:		10 bar
Maximaler Betriebsdruck heizwasserseitig:		16 bar
Maximale Betriebstemperatur trinkwasserseitig:		95 °C
Maximale Betriebstemperatur heizwasserseitig:		150 °C

System bestehend aus:

1 Stück

#### **Plattenwärmeübertrager**

Typ: KW 70 / 20 -L

in gelöteter Ausführung inkl. Wärmedämmung

1 Stück

#### **Reduktionsspeicher**

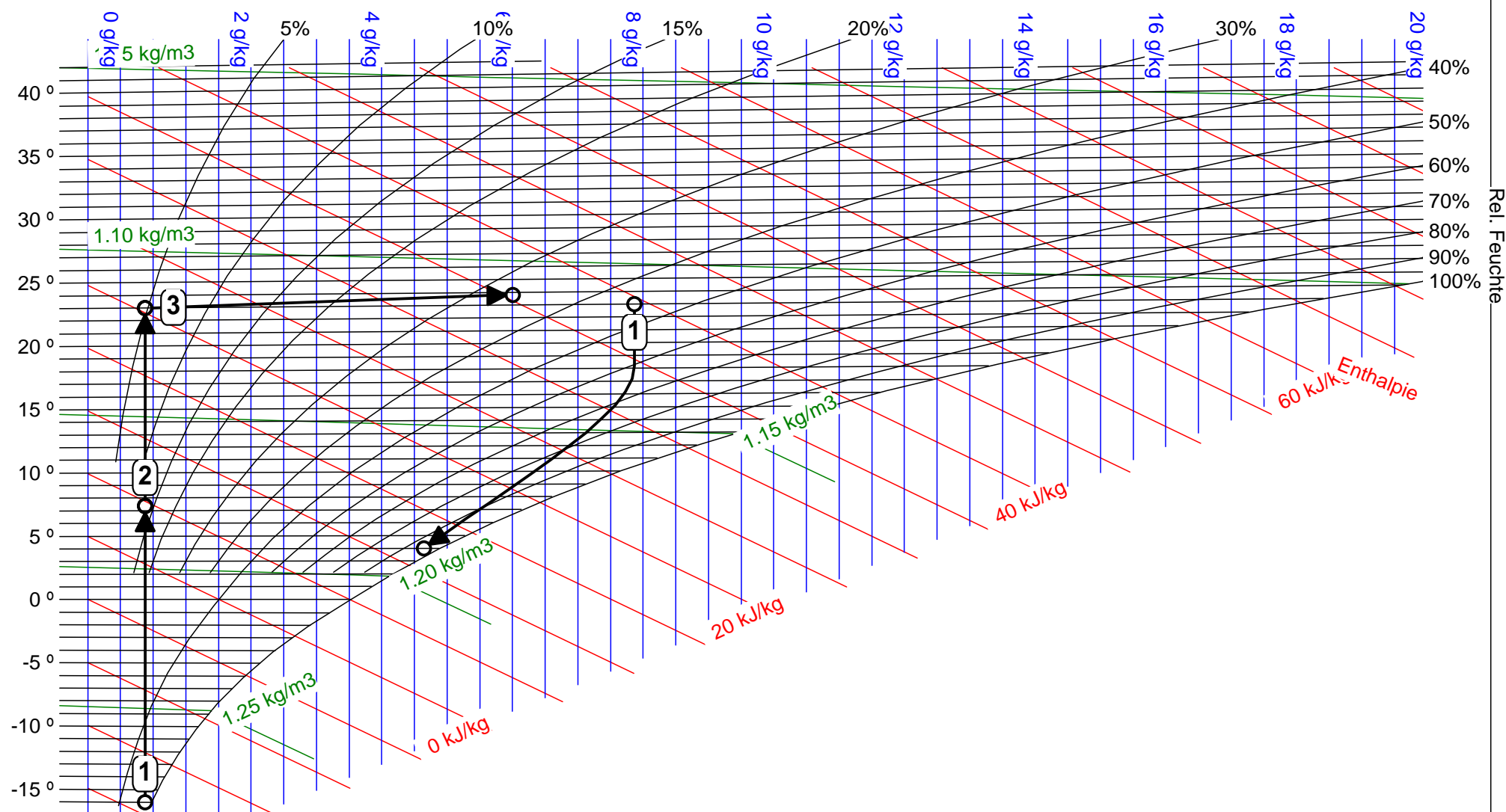
Typ: KS - 500 – ER

aus Edelstahl 1.4571, in stehender Ausführung, gefertigt nach DIN 4753 Teil 1 und Werksnorm, mit speziellen Einbauten zur Gewährleistung einer definierten Verweildauer des Ladevolumenstromes, Kaltwassereinbindung am tiefsten Punkt des Speichers mit Strömungsdämpfer aus Lochblech mit definiertem freien Querschnitt zur Erlangung einer Kalt-Warmwassertrennschicht kleiner 100 mm und Gewährleistung einer totraumfreien Speichererwärmung, so ausgeführt, dass eine Speicherbe- und Entladung auch bei belegtem Lochblech gewährleistet werden kann.

Kaltwasser-, Ladeanschluss sowie Fühlermuffen in einer Flucht ausgeführt, Reinigungsöffnung entspr. DIN 4753 Teil 1, für Wartung nach DIN 1988 Teil 8, um 90° zum Lade- und Kaltwasseranschluss



## Anlagen, Teil 3



Mollier-h-x-Diagramm für feuchte Luft - Druck 0.950 bar (537.000 m / 10.000 °C / 80.000 % rF)

## 1) Wärmerückgewinnung - System PWT - Flächenverhältnis warm/kalt 1.000

Temperatur-Wirkungsgrad	%	60.000	Leistung Bereich 1	%	14.983
Hygroskopie-Wirkungsgrad	%	0.000	Leistung Bereich 2	%	15.619
Feuchte-Wirkungsgrad	%	0.000	Leistung Bereich 3	%	16.282
Leistung	kW	1083.064	Leistung Bereich 4	%	16.974
Mittl.log.Temp.diff.	K	17.719	Leistung Bereich 5	%	17.695
Kennzahl	kW/K	61.123	Leistung Bereich 6	%	18.447

		Kaltluft ein	Kaltluft aus	Warmluft ein	Warmluft aus
Temperatur	°C	-16.000	7.400	23.000	4.023
Rel. Feuchte	%	90.000	13.018	45.000	95.501
Abs. Feuchte	g/kg	0.880	0.880	8.370	5.145
Dichte feucht	kg/m³	1.286	1.179	1.112	1.190
Enthalpie feucht	kJ/kg	-13.923	9.657	44.432	16.949
Volumenstrom feucht	m³/h	128685.000	140394.553	128685.000	119823.166
Massenstrom trocken	kg/h	165349.140	165349.140	141869.641	141869.641
Kondensatmenge	kg/h		0.000		457.542
Oberflächentemperatur	°C				-5.989
					EINFRIER-Gefahr!

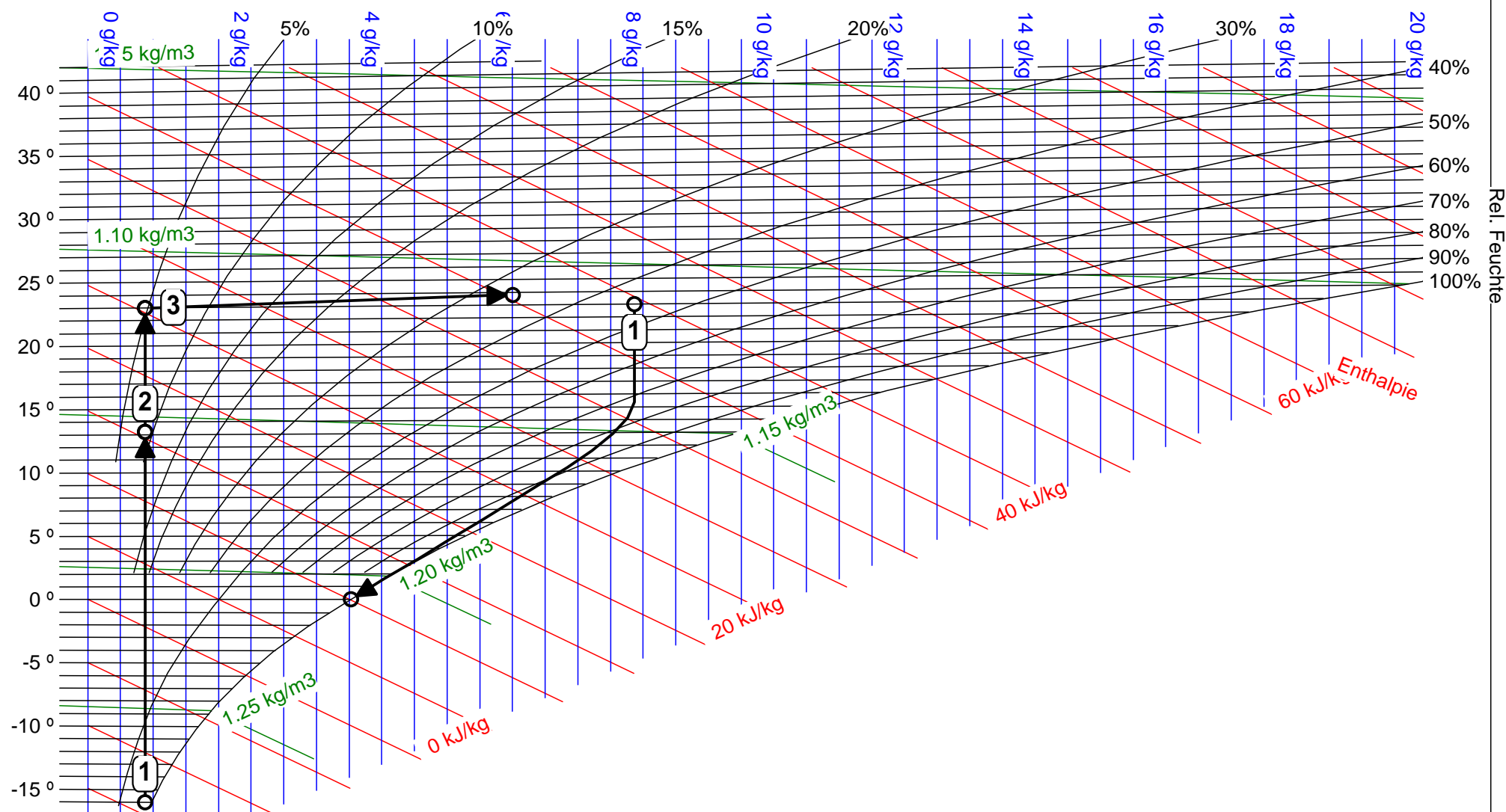
## 2) Heizen der Luft

Leistung	kW	722.396	
		Luft ein	Luft aus
Temperatur	°C	7.400	23.000
Rel. Feuchte	%	13.018	4.786
Abs. Feuchte	g/kg	0.880	0.880
Dichte feucht	kg/m³	1.179	1.117
Enthalpie feucht	kJ/kg	9.657	25.386
Volumenstrom feucht	m³/h	140394.553	148200.998
Massenstrom trocken	kg/h	165349.140	165349.140

3) Befeuchtung von Luft mit Sattdampf

Leistung	kW	693.044
Befeuchtungsmenge	kg/h	930.107
Befeuchtungstemperatur	°C	105.000
Befeuchtungsenthalpie	kJ/kg	2682.441

		Luft ein	Luft aus
Temperatur	°C	23.000	23.771
Rel. Feuchte	%	4.786	33.494
Abs. Feuchte	g/kg	0.880	6.505
Dichte feucht	kg/m³	1.117	1.110
Enthalpie feucht	kJ/kg	25.386	40.475
Volumenstrom feucht	m³/h	148200.998	149927.957
Massenstrom trocken	kg/h	165349.140	165349.140

Mollier-h-x-Diagramm für feuchte Luft - Druck 0.950 bar (537.000 m / 10.000  $^{\circ}\text{C}$  / 80.000 % rF)

1) Wärmerückgewinnung - System PWT - Flächenverhältnis warm/kalt 1.000

Temperatur-Wirkungsgrad	%	75.000	Leistung Bereich 1	%	13.425
Hygroskopie-Wirkungsgrad	%	0.000	Leistung Bereich 2	%	14.580
Feuchte-Wirkungsgrad	%	0.000	Leistung Bereich 3	%	15.835
Leistung	kW	1353.916	Leistung Bereich 4	%	17.198
Mittl.log.Temp.diff.	K	12.618	Leistung Bereich 5	%	18.677
Kennzahl	kW/K	107.302	Leistung Bereich 6	%	20.285

		Kaltluft ein	Kaltluft aus	Warmluft ein	Warmluft aus
Temperatur	°C	-16.000	13.250	23.000	-0.001
Rel. Feuchte	%	90.000	8.817	45.000	100.000
Abs. Feuchte	g/kg	0.880	0.880	8.370	4.030
Dichte feucht	kg/m³	1.286	1.155	1.112	1.208
Enthalpie feucht	kJ/kg	-13.923	15.554	44.432	10.076
Volumenstrom feucht	m³/h	128685.000	143321.950	128685.000	117874.049
Massenstrom trocken	kg/h	165349.140	165349.140	141869.641	141869.641
Kondensatmenge	kg/h		0.000		615.697
Oberflächentemperatur	°C				-8.000
					EINFRIER-Gefahr!

2) Heizen der Luft

Leistung	kW	451.543	
		Luft ein	Luft aus
Temperatur	°C	13.250	23.000
Rel. Feuchte	%	8.817	4.786
Abs. Feuchte	g/kg	0.880	0.880
Dichte feucht	kg/m³	1.155	1.117
Enthalpie feucht	kJ/kg	15.554	25.386
Volumenstrom feucht	m³/h	143321.950	148200.998
Massenstrom trocken	kg/h	165349.140	165349.140

3) Befeuchtung von Luft mit Sattdampf

Leistung	kW	693.044
Befeuchtungsmenge	kg/h	930.107
Befeuchtungstemperatur	°C	105.000
Befeuchtungsenthalpie	kJ/kg	2682.441

		Luft ein	Luft aus
Temperatur	°C	23.000	23.771
Rel. Feuchte	%	4.786	33.494
Abs. Feuchte	g/kg	0.880	6.505
Dichte feucht	kg/m³	1.117	1.110
Enthalpie feucht	kJ/kg	25.386	40.475
Volumenstrom feucht	m³/h	148200.998	149927.957
Massenstrom trocken	kg/h	165349.140	165349.140

## Anlagen, Teil 4



Kappacher Tel. 8884-8914

## Heizgradtagzahl 12/20

gemessen am HKW-Mitte in Salzburg

Vergleich:	HGT	20/12
HKW Mitte 1968 bis heute		3200
Flughafen Sbg. 1941-70		3598
Ö-Norm B8135 (1.10.-30.4.)		3390
Handbuch für Energieberater		3792

Summe		Jahr	Jan.	Feb.	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
100%		%-Anteile	18,6%	15,6%	13,0%	8,0%	2,9%	1,0%	0,3%	0,3%	1,7%	7,1%	13,7%	17,8%
3200		HKW Mittelw.	596	498	417	255	91	33	9	9	56	228	439	570
		2010												
		2009	651	512	436									
2742	-14%	2008	500	413	388	217	19	0	0	0	164	158	371	512
2613	-18%	2007	387	362	360	48	56	0	9	0	90	237	481	583
2900	-9%	2006	702	543	476	180	39	49	0	9	0	57	344	501
3002	-6%	2005	555	558	400	162	92	30	0	9	36	130	439	591
2921	-9%	2004	580	461	413	162	118	17	0	0	37	132	420	581
3061	-4%	2003	598	605	347	209	38	0	0	0	16	339	380	529
2671	-17%	2002	597	349	331	215	17	0	0	0	91	219	330	522
2768	-13%	2001	567	419	296	255	8	28	0	0	70	25	479	621
2712	-15%	2000	646	444	437	168	19	0	0	0	8	123	365	502
3019	-6%	1999	570	548	368	231	37	9	0	0	0	194	496	566
3048	-5%	1998	546	400	437	205	77	21	10	0	46	214	514	578
3169	-1%	1997	682	408	401	367	65	0	0	0	8	300	421	517
3731	17%	1996	684	602	548	260	122	19	17	0	149	259	403	668
3218	1%	1995	624	400	485	213	90	71	0	43	60	100	507	625
2851	-11%	1994	504	492	289	282	46	47	0	0	40	318	317	516
3234	1%	1993	516	585	466	230	8	9	26	26	83	237	543	505
3123	-2%	1992	586	491	429	303	21	0	0	0	19	291	399	584
3471	8%	1991	559	570	338	279	268	62	0	0	0	256	486	653
3097	-3%	1990	603	382	357	335	37	35	9	0	81	204	448	606
2997	-6%	1989	574	455	327	247	74	11	0	28	59	192	484	546
3105	-3%	1988	519	512	503	236	28	18	0	9	69	150	516	545
3522	10%	1987	729	522	576	209	208	30	0	11	42	215	441	539
3471	8%	1986	583	671	474	249	57	91	8	26	73	241	427	571
3651	14%	1985	757	595	487	269	81	72	0	36	41	297	524	492
3506	10%	1984	568	583	510	332	178	17	27	0	110	182	431	568
3175	-1%	1983	491	574	414	178	148	30	0	34	0	205	496	605
3249	2%	1982	679	543	428	346	107	9	0	0	0	234	380	523
3183	-1%	1981	672	539	327	196	98	47	22	9	19	208	436	610
3507	10%	1980	655	451	432	365	174	36	18	0	18	262	482	614
3368	5%	1979	697	494	380	340	131	45	29	18	72	230	471	461
3514	10%	1978	572	540	403	278	172	60	35	20	82	306	482	564
2960	-7%	1977	575	385	299	338	126	10	0	9	110	182	355	570
3236	1%	1976	530	505	492	261	84	41	18	18	80	183	396	629
3214	0%	1975	481	477	417	288	87	94	20	9	0	298	464	580
3169	-1%	1974	513	443	285	282	165	95	8	0	73	419	421	465
3565	11%	1973	622	516	478	364	111	17	0	0	50	332	479	597
3650	14%	1972	636	502	335	334	98	50	18	9	178	395	469	626
3301	3%	1971	644	520	556	196	80	28	10	0	90	204	462	512
3591	12%	1970	632	526	529	340	188	28	28	0	54	288	362	616
3628	13%	1969	609	547	493	282	42	109	26	54	26	301	423	717
3269	2%	1968	634	491	393	208	132	35	30	0	34	226	437	649

## Anlagen, Teil 5



# FOCS-WNR



**0802 - 3202**  
**196 - 899 kW**

Reversible unit with total heat recovery water source



(The photo of the unit is indicative and may change depending on the model)

- Unique proposal
- Energy saving
- Extensive range of operation
- Integrated condensation's control



## GENERAL TECHNICAL DATA

## FOCS-WNR

SIZE		2152	2502	2602	2702	3202		
<b>FOCS-WNR</b>								
<b>COOLING</b> <sup>(1)</sup>								
<b>Cooling capacity</b>	<b>kW</b>	<b>560</b>	<b>654</b>	<b>710</b>	<b>789</b>	<b>899</b>		
Total power input (unit)	kW	92,5	109	119	132	150		
EER		6,05	6,00	5,98	5,95	5,98		
ESEER		-	-	-	-	-		
Heat exchanger water flow	m³/h	96,3	113	122	136	155		
Heat exchanger pressure drop	kPa	27,2	37,2	31,1	38,3	49,8		
Source (side) heat exchanger water flow	m³/h	62,0	72,6	78,8	87,6	99,8		
Source (side) heat exchanger pressure drop	kPa	11,3	15,4	12,9	16,0	20,7		
<b>FOCS-WNR</b>								
<b>HEATING</b> <sup>(2)</sup>								
<b>Heating capacity</b>	<b>kW</b>	<b>589</b>	<b>686</b>	<b>738</b>	<b>831</b>	<b>941</b>		
Total power input (unit)	kW	128	148	158	180	205		
COP		4,59	4,62	4,68	4,63	4,60		
Heat exchanger water flow	m³/h	102	119	128	144	163		
Heat exchanger pressure drop	kPa	30,7	41,6	34,2	43,4	55,6		
Source (side) heat exchanger water flow	m³/h	80,6	94,1	101	114	129		
Source (side) heat exchanger pressure drop	kPa	19,0	25,9	21,4	27,1	34,5		
<b>FOCS-WNR</b>								
<b>COOLING WITH TOTAL RECOVERY</b> <sup>(3)</sup>								
Cooling capacity	kW	405	473	508	581	644		
Total power input (unit)	kW	156	179	189	219	247		
Heat exchanger water flow	m³/h	96,3	113	122	136	155		
Heat exchanger pressure drop	kPa	27,2	37,2	31,1	38,3	49,8		
<b>Heat recovery thermal capacity</b>	<b>kW</b>	<b>551</b>	<b>641</b>	<b>686</b>	<b>786</b>	<b>876</b>		
Heat exchanger recovery water flow	m³/h	96,1	112	120	137	153		
Plant side heat exchanger recovery pressure drop	kPa	27,1	36,6	29,8	39,1	48,5		
<b>FOCS-WNR</b>								
<b>TOTAL RECOVERY ONLY</b> <sup>(4)</sup>								
<b>Total heat recovery capacity</b>	<b>kW</b>	<b>551</b>	<b>641</b>	<b>686</b>	<b>786</b>	<b>876</b>		
Total power input (unit)	kW	156	179	189	219	247		
Heat exchanger recovery water flow	m³/h	96,1	112	120	137	153		
Heat exchanger recovery pressure drop	kPa	27,1	36,6	29,8	39,1	48,5		
Source (side) heat exchanger water flow	m³/h	80,6	94,1	101	114	129		
Source (side) heat exchanger pressure drop	kPa	19,0	25,9	21,4	27,1	34,5		
<b>COMPRESSORS</b>								
Number	N°.	2	2	2	2	2		
Number of capacity	N°.	4	4	4	4	4		
Number of circuits	N°.	2	2	2	2	2		
Type of regulation	STEPS	STEPS	STEPS	STEPS	STEPS	STEPS		
Minimum capacity steps	%	25	25	25	25	25		
Type of refrigerant	R134a	R134a	R134a	R134a	R134a	R134a		
Refrigerant charge	kg.	112	112	138	138	138		
Oil charge	kg.	37	44	44	44	70		
<b>NOISE LEVELS</b> <sup>(5)</sup>								
Total sound power	dB(A)	98	99	99	99	99		
Total sound pressure	dB(A)	66	67	67	67	67		
<b>DIMENSIONS AND WEIGHTS</b> <sup>(6)</sup>								
Length	mm.	3800	3800	5000	5000	5000		
Width	mm.	1490	1490	1490	1490	1490		
Height	mm.	1950	1950	2050	2050	2050		
Weight	kg.	5310	5730	6470	6590	7370		

1 Plant (side) cooling exchanger water (in/out) 12/7 °C

Source (side) heat exchanger water (in/out) 17/26 °C

2 Source (side) heat exchanger water (in/out) 12/7 °C

Plant (side) heating exchanger water (in/out) 40/45 °C

3 Plant (side) cooling exchanger water (in/out) 12/7 °C

Plant (side) heat exchanger recovery water (in/out) 50/55 °C

4 Plant (side) heat exchanger recovery water (in/out) 50/55 °C

Source (side) heat exchanger water (in/out) 12/7 °C

5 Sound power on the basis of measurements made in compliance with ISO 9614 and Eurovent 8/1 for Eurovent certified units;

in compliance with ISO 3744 for non-certified units

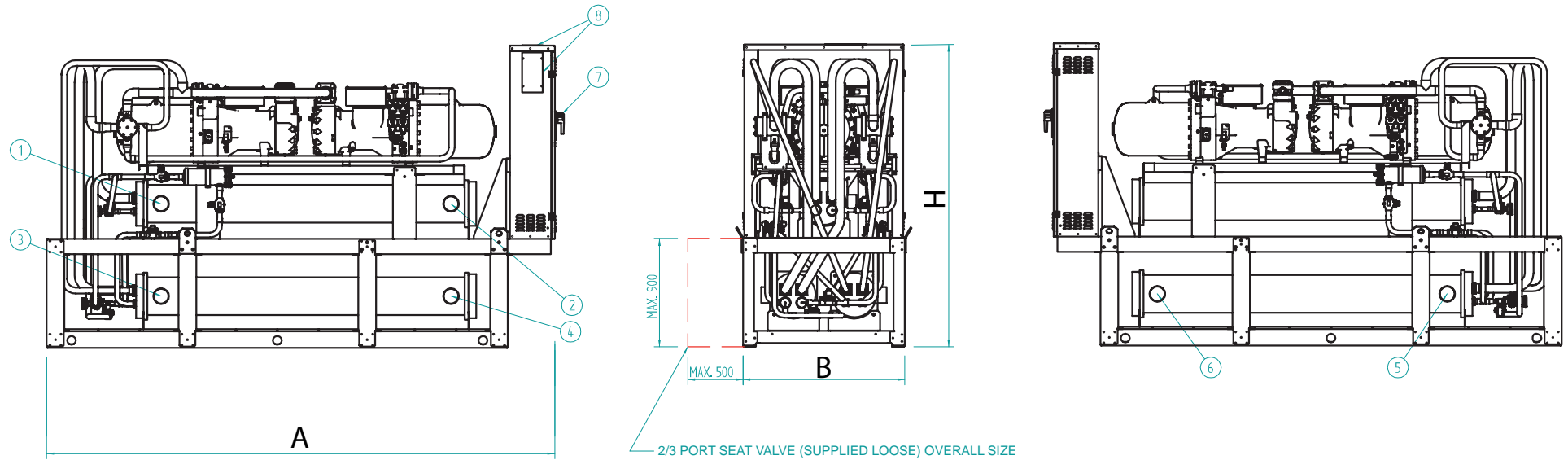
Average sound pressure level, at 10 (m.) distance, unit in a free field on a reflective surface; non-binding value obtained

from the sound power level

6 Standard configuration

- Not available

## 8. DIMENSIONAL DRAWINGS



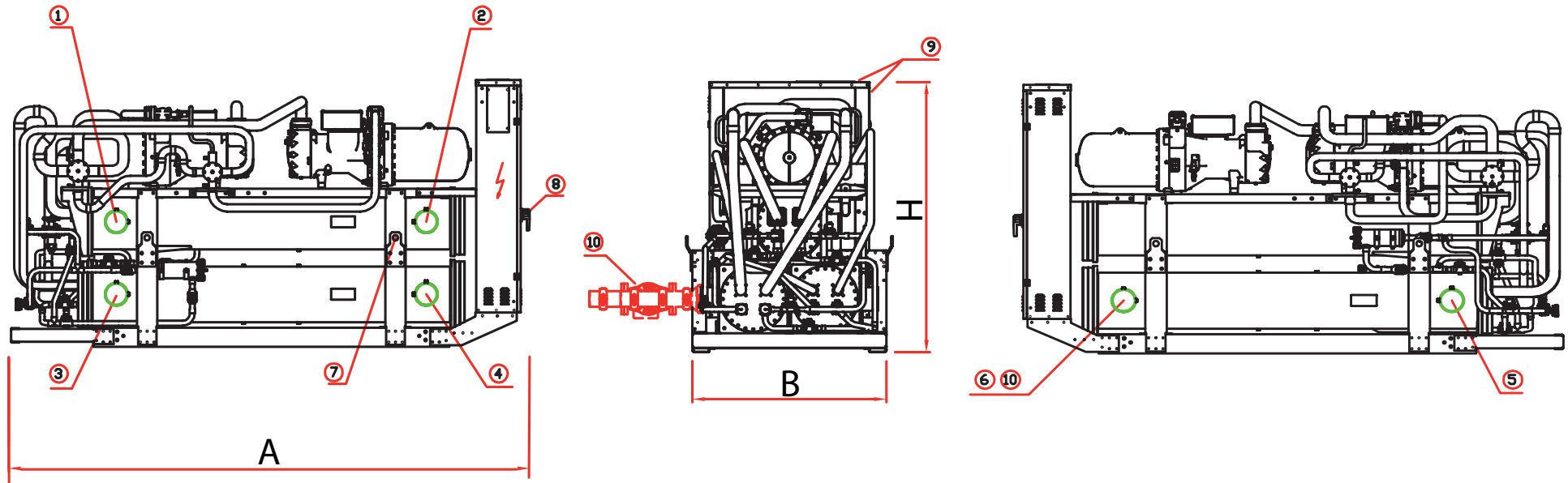
Size	DIMENSIONS AND WEIGHTS				CLEARANCES (See fol. page)			
	A [mm]	B [mm]	H [mm]	P [kg]	R1 [mm]	R2 [mm]	R3 [mm]	R4 [mm]
<b>0802</b>	3680	1170	2190	2420	500	500	800	500
<b>1002</b>	3680	1170	2190	2470	500	500	800	500
<b>1102</b>	3680	1170	2190	2880	500	500	800	500
<b>1302</b>	3680	1170	2190	3580	500	500	800	500
<b>1502</b>	3680	1170	2190	3690	500	500	800	500
<b>1702</b>	3680	1170	2190	3750	500	500	800	500

- 1 Evaporator water inlet
- 2 Evaporator water outlet
- 3 Recovery water inlet
- 4 Recovery water outlet

- 5 Well/tower water inlet
- 6 Well/tower water outlet
- 7 Main isolator handle
- 8 Power inlet

## REMARKS:

For installation purposes, please refer to the documentation sent after the purchase-contract. This technical data should be considered as indicative. CLIMAVENETA may modify them at any moment.



Size	DIMENSIONS AND WEIGHTS				CLEARANCES (See fol. page)			
	A [mm]	B [mm]	H [mm]	P [kg]	R1 [mm]	R2 [mm]	R3 [mm]	R4 [mm]
<b>0802</b>	3800	1490	1950	4920	900	900	1500	900
<b>1002</b>	3800	1490	1950	5310	900	900	1500	900
<b>1102</b>	3800	1490	1950	5730	900	900	1500	900
<b>1302</b>	3800	1490	1950	6470	900	900	1500	900
<b>1502</b>	3800	1490	1950	6590	900	900	1500	900
<b>1702</b>	3800	1490	1950	7370	900	900	1500	900

**REMARKS:**

For installation purposes, please refer to the documentation sent after the purchase-contract. This technical data should be considered as indicative. CLIMAVENETA may modify them at any moment.

- 1 Evaporator water inlet
- 2 Evaporator water outlet
- 3 Recovery water inlet
- 4 Recovery water outlet
- 5 Well/tower water inlet
- 6 Well/tower water outlet
- 7 Lifting points
- 8 Main isolator
- 9 Power inlet
- 10 3 way valve/ 2 way valve

## 11. HYDRAULIC CONNECTIONS RECOMMENDED

Protect the hydraulic circuit with antifreeze when shutting down a charged system for winter. If necessary, drain the water inside the exchangers.

It is absolutely essential that, in the presence of dirty and/or aggressive water, an intermediate heat exchanger is placed up-

stream of the refrigeration system heat exchangers.

The connecting pipes must be properly supported so as not to weigh on the unit.

### 11.1 Hydraulic connections with hot and cold heat exchanger plant side

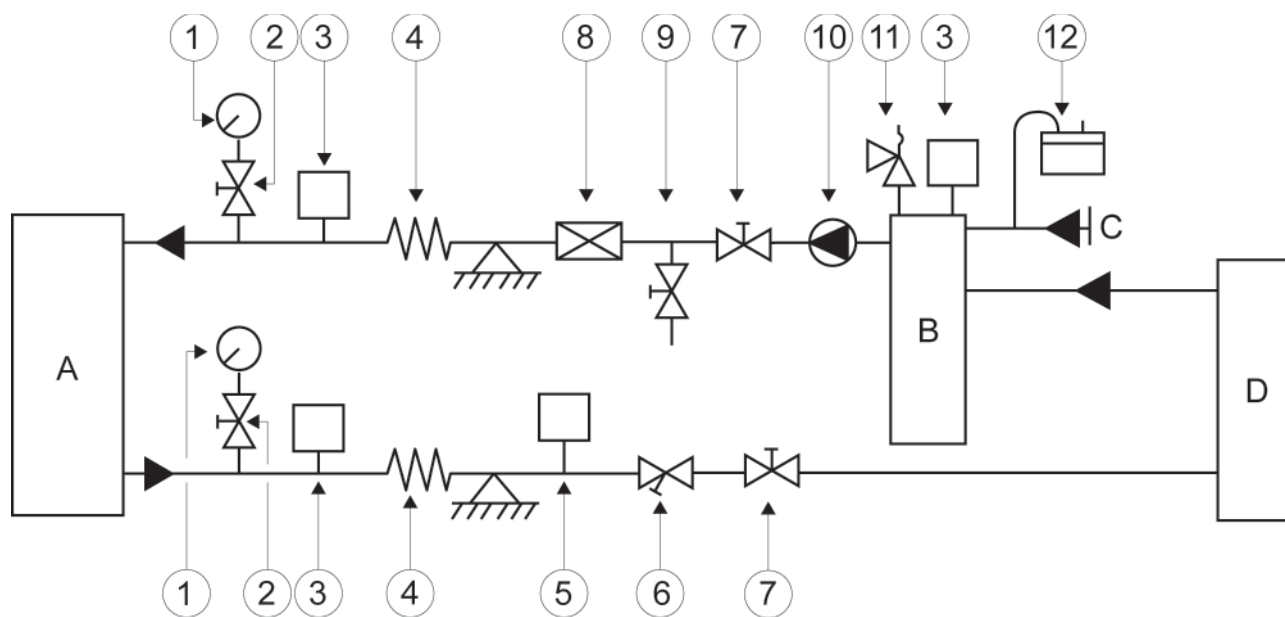
The following must be installed on the heat exchanger hydraulic circuit (see Fig.):

- Two pressure gauges with a suitable range (inlet - outlet)
- Two service cocks for the pressure gauges.
- Air bleed valves to be fitted to the highest points of the circuit.
- Two vibration damping joints (inlet - outlet) positioned horizontally.
- One flow switch to be fitted at the unit outlet in a linear stretch of a length of about 7 times the diameter of the pipe itself. The flow switch must be calibrated so as to guarantee a minimum water flow to the heat exchangers, not less than the value indicated in the unit bulletin or declared by the supplier. If this value is not available, calibrate the flow switch to 70% of the rated water flow of the unit (not envisaged for desuperheaters).

- A calibration valve at the outlet.
- Two shut-off valves (inlet - outlet).
- A mechanical filter with a maximum mesh size of 1 mm to be fitted as near as possible to the heat exchanger inlet
- A drain cock to be fitted in the lowest point of the hydraulic system.
- A circulation pump.
- All other equipment listed in Fig.

**The directions for installation set out above represent a necessary condition for the validity of the guarantee.**

However, Climaveneta is willing to examine any different needs, which must in any case be approved before the refrigeration system is started up.



A Unit  
B Tank  
C Reintegration  
D Use

1. Pressure gauge
2. Shut-off valve
3. Automatic air valve
4. Vibration damping joint

5. Flow switch
6. Calibration valve
7. Shut-off valve
8. Filter
9. Drain valve
10. Primary circuit circulation pump
11. Safety valve
12. Expansion tank

**Climaveneta S.p.A.**

Via Sarson 57/c  
36061 Bassano del Grappa (VI)  
Italy  
Tel +39 0424 509 500  
Fax +39 0424 509 509  
info@climaveneta.com  
www.climaveneta.com

**Climaveneta Home System**

Via Duca d'Aosta 121  
31030 Mignagola (TV)  
Italy  
Tel. +39 0422 4131  
Fax +39 0422 413659  
info.cvhs@climaveneta.com  
www.climaveneta.com

**Climaveneta France**

3, Village d'Entreprises  
ZA de la Couronne des Prés  
Avenue de la Mauldre  
78680 Epône  
France  
Tel +33 (0)1 30 95 19 19  
Fax +33 (0)1 30 95 18 18  
info@climaveneta.fr  
www.climaveneta.fr

**Climaveneta Deutschland**

Rhenus Platz 2  
59439 Holzwickede  
Germany  
Tel +49 2301 91222-0  
Fax +49 2301 91222-99  
info@climaveneta.de  
www.climaveneta.de

**Climaveneta****España - Top Clima**

Londres 67, 1º 4º  
08036 Barcelona  
Spain  
Tel. +34 963 195 600  
Fax +34 963 615 167  
topclima@topclima.com  
www.climaveneta.com

**Climaveneta Chat Union****Refrig. Equipment Co Ltd**

88 Bai Yun Rd, Pudong Xinghuo  
New dev. zone 201419 Shanghai  
China  
Tel. 008 621 575 055 66  
Fax 008 621 575 057 97

**Climaveneta Polska Sp. z o.o.**

Ul. Sienkiewicza 13A,  
05-120 Legionowo,  
Poland  
Tel +48 22 766 34 55-57  
Fax +48 22 784 39 09  
info@climaveneta.pl  
www.climaveneta.pl



## Fall 1

30-75°C, Leistung = 1430 kW

Quelle: Sole 8 °C

Die gewünschte Heizleistung wird mit 2 Maschinen erreicht.

Die Quelle wird von 8 °C wahlweise auf 3 oder 4 °C ausgekühlt. Es resultieren andere COP. Es sollte auf den hohen Druckverlust geachtet werden.

1 x HHR 1000-6(354) 8-x 30-75

Richtpreis: 238.000 €

2 x HHR 520-5(230) 8-x 30-75

Richtpreis: 168.000 €

Technische Daten:

Ohne Rekuperator

Betriebspunkt	HHR 1000	HHR 1000	HHR 520	HHR 520
El. Leistungsaufnahme im BP	276,2 kW	276,8 kW	193,6 kW	194,4 kW
Gaskühler	Gaskühler	Gaskühler	Gaskühler	Gaskühler
Heizleistung	831 kW	837 kW	572 kW	579 kW
Wärmeträgermedium	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser
Volumenstrom	15,7 m³/h	15,8 m³/h	10,8 m³/h	10,9 m³/h
Eintrittstemperatur	30 °C	30 °C	30 °C	30 °C
Austrittstemperatur	75 °C	75 °C	75 °C	75 °C
Druckverlust wasserseitig	0,15 bar	0,15 bar	0,08 bar	0,08 bar
Verschmutzungsfaktor	0,00005 m²K/W	0,00005 m²K/W	0,00005 m²K/W	0,00005 m²K/W
Verdampfer				
Kälteleistung	564 kW	570 kW	384 kW	391 kW
Wärmeträgermedium	Sole, 10 %	Sole, 10 %	Sole, 10 %	Sole, 10 %
Volumenstrom	99,4 m³/h	122,2 m³/h	67,7 m³/h	86,2 m³/h
Eintrittstemperatur	8,0 °C	8,0 °C	8,0 °C	8,0 °C
Austrittstemperatur	3,0 °C	4,0 °C	3,0 °C	4,0 °C
Druckverlust wasserseitig	0,99 bar	1,49 bar	1,73 bar	2,50 bar
Verschmutzungsfaktor	0,00005 m²K/W	0,00005 m²K/W	0,00005 m²K/W	0,00005 m²K/W
COP <sub>WP</sub>	3,01	3,03	2,95	2,98
COP <sub>KM</sub>	2,04	2,06	1,99	2,01
COP <sub>WKK</sub>	5,05	5,09	4,94	5,00



# Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Salzburg, den 19. Jänner 2013

Ing. Michael Heitzinger